

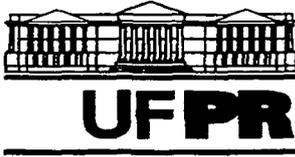
CAROLINA BENGHI PINTO

**CONTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES ARBÓREAS PARA A
CICLAGEM DE NUTRIENTES EM SUCESSÃO VEGETAL NA
FLORESTA OMBRÓFILA Densa DAS TERRAS BAIXAS**

Dissertação apresentada como requisito parcial à
obtenção do título de Mestre em Ciências
Florestais, Curso de Pós-Graduação em
Engenharia Florestal, Área de concentração:
Conservação da Natureza, Setor de Ciências
Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Renato Marques

CURITIBA
2001



Universidade Federal do Paraná
Setor de Ciências Agrárias – Centro de Ciências Florestais e da Madeira
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Av. Lothário Meissner, 3400 - Jardim Botânico – CAMPUS III
80210-170 - CURITIBA - Paraná
Tel. (41) 360.4212 - Fax. (41) 360.4211 - <http://www.floresta.ufpr.br/pos-graduacao>
e-mail: pinheiro@floresta.ufpr.br

PARECER
Defesa nº 439

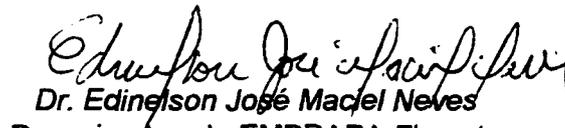
A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após arguir a mestrandia *CAROLINA BENGHI PINTO* em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado “CONTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES ARBÓREAS PARA A CICLAGEM DE NUTRIENTES EM SUCESSÃO VEGETAL NA FLORESTA OMBRÓFILA Densa DAS TERRAS BAIXAS”, é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** da acadêmica, habilitando-a ao título de *Mestre em Ciências Florestais*, na área de concentração em *Conservação da Natureza*.


Dr. Renato Marques

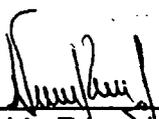
Professor e pesquisador do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR
Orientador e presidente da banca examinadora


Dr. Carlos Bruno Reissmann

Professor e pesquisador do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR
Primeiro examinador


Dr. Edinelson José Maciel Neves
Pesquisador da EMBRAPA-Floresta
Segundo examinador

Curitiba, 28 de junho de 2001.



Nivaldo Eduardo Rizzi
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Franklin Galvão
Vice-coordenador

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Renato Marques pela amizade, incentivo e orientação prestada no presente estudo.

A Profa. Dra. Celina Wisniewski pela co-orientação e amizade.

Ao Prof. Dr. Bruno Reissmann pelas grandes “dicas”.

A engenheira florestal Kauana Dickow pelo fornecimento de parte das informações utilizadas neste trabalho.

Ao biólogo Ricardo Britez (vulgo “Mestre”) e ao engenheiro florestal Gilberto Tiepolo pelo apoio e amizade.

Ao Instituto Ambiental do Paraná pela licença de entrada na Floresta Estadual do Palmito.

Ao Sr. Catuto (mateiro), companheiro nos trabalhos de campo.

Aos amigos Andrea, Sadiomar, Paola, Fábria, Marisa, e Suzete pela grande contribuição nos trabalhos de campo e laboratório.

Aos laboratoristas Aldair Marty Munhoz, Roberto Barberi, Ana Pelagia Kudla e Elda Lubasinski pela orientação nos trabalhos de laboratório.

Ao CNPq pela bolsa de estudo concedida.

Ao meu companheiro Ademir e minha família pelo carinho, apoio e paciência em todos os momentos da minha vida.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	iv
LISTA DE FIGURAS.....	v
LISTA DE GRÁFICOS.....	v
LISTA DE APÊNDICES E ANEXOS.....	vi
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Geomorfologia.....	3
2.2 Solos.....	4
2.3 Vegetação.....	5
2.4 Ciclagem de nutrientes.....	6
2.4.1 Fluxo de nutrientes no ciclo hidrológico.....	9
2.4.2 Produção de serapilheira e liberação de nutrientes.....	11
2.4.3 Sucessão vegetal e sua influência na ciclagem de nutrientes.....	14
2.4.4 Ciclagem bioquímica.....	15
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1 Caracterização da área de estudos.....	17
3.1.1 Localização.....	17
3.1.2 Clima.....	17
3.1.3 Solos.....	17
3.1.4 Vegetação.....	19
3.2 Coleta da serapilheira.....	22
3.2.1 Separação das frações da serapilheira.....	23
3.3 Coleta das folhas da copa das árvores.....	25
3.3.1 Separação das folhas maduras.....	25
3.4 Ensaios de lixiviação por pulverização e solução de imersão.....	26
3.5 Análises químicas.....	27

3.6	Estimativa da mobilização de nutrientes nos tecidos foliares	27
3.7	Análise estatística	29
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1	Produção de serapilheira	30
4.1.1	Produção de serapilheira por fase sucessional	30
4.1.2	Produção de serapilheira separada por frações.....	33
4.1.3	Produção de serapilheira por espécie.....	35
4.3	Composição química da serapilheira	38
4.4	Composição química das folhas maduras	42
4.5	Soluções lixiviadas por pulverização e por imersão	44
4.5.1	Valores de pH.....	44
4.5.2	Nutrientes extraídos por pulverização das folhas verdes.....	46
4.5.3	Nutrientes extraídos por imersão das folhas verdes	49
4.5.4	Nutrientes extraídos por imersão dos ramos	51
4.6	Mobilização	52
5	CONCLUSÕES	54
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
7	APÊNDICES.....	61
8	ANEXOS	68

LISTA DE TABELAS

TABELAS	PÁGINAS
TABELA 01 – VALOR DE IMPORTÂNCIA (VI) EM ORDEM DECRESCENTE DE 7 ESPÉCIES DAS TRÊS FASES SUCESSIONAIS	22
TABELA 02 – ESPÉCIES SELECIONADAS POR FASE SUCESSIONAL	25
TABELA 03 – PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA NAS TRÊS FASES SUCESSIONAIS, POR ESTAÇÃO DURANTE O PERÍODO DO OUTONO DE 1998 AO VERÃO DE 2000	30
TABELA 04 – CONTRIBUIÇÃO DAS DIFERENTES FRAÇÕES NA PRODUÇÃO MÉDIA ANUAL DE SERAPILHEIRA	33
TABELA 05 – PRODUÇÃO MÉDIA ANUAL DE SERAPILHEIRA POR ESPÉCIE	35
TABELA 06 – TEORES MÉDIOS DE MACRONUTRIENTES, Na E Al NA SERAPILHEIRA PARA AS ESPÉCIES SELECIONADAS NAS TRÊS FASES SUCESSIONAIS	38
TABELA 07 – TEORES MÉDIOS DE MICRONUTRIENTES NA SERAPILHEIRA PARA AS ESPÉCIES SELECIONADAS NAS TRÊS FASES SUCESSIONAIS	40
TABELA 08 – TEORES DE NUTRIENTES NAS FOLHAS MADURAS DAS ESPÉCIES DAS TRÊS FASES SUCESSIONAIS	42
TABELA 09 – VALORES MÉDIOS DE PH DA SOLUÇÃO LIXIVIADA POR PULVERIZAÇÃO E POR SOLUÇÃO DE IMERSÃO DAS ESPÉCIES DAS TRÊS FASES SUCESSIONAIS	45
TABELA 10 – QUANTIDADES DE NUTRIENTES LIBERADAS DAS FOLHAS VERDES ATRAVÉS DA LIXIVIAÇÃO POR PULVERIZAÇÃO	46
TABELA 11 – QUANTIDADES DE NUTRIENTES NA SOLUÇÃO DE IMERSÃO DAS FOLHAS VERDES	49
TABELA 12 – QUANTIDADES DE NUTRIENTES NA SOLUÇÃO DE IMERSÃO DOS RAMOS	51
TABELA 13 – NUTRIENTES MOBILIZADOS PELAS ESPÉCIES DAS TRÊS FASES SUCESSIONAIS	52

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS	PÁGINAS
01 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	18
02 – FASE INICIAL DA VEGETAÇÃO	20
03 – FASE INTERMEDIÁRIA DA VEGETAÇÃO	20
04 – FASE AVANÇADA DA VEGETAÇÃO	21
05 – COLETOR DE SERAPILHEIRA	23
06 – FRAÇÕES DA SERAPILHEIRA	24
07 – LIXIVIAÇÃO DAS FOLHAS VERDES POR PULVERIZAÇÃO	28
08 – SOLUÇÃO DE IMERSÃO DOS RAMOS	28

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICOS	PÁGINAS
01 – DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA DAS TRÊS FASES SUCESSIONAIS AO LONGO DAS ESTAÇÕES DO ANO	31
02 – PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA MÉDIA MENSAL DURANTE O PERÍODO DE MARÇO DE 1998 A MARÇO DE 2000	31
03 – DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA DAS ESPÉCIES DA FASE INICIAL AO LONGO DAS ESTAÇÕES DO ANO	36
04 – DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA DAS ESPÉCIES DA FASE INTERMEDIÁRIA AO LONGO DAS ESTAÇÕES DO ANO	36
05 – DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA DAS ESPÉCIES DA FASE AVANÇADA AO LONGO DAS ESTAÇÕES DO ANO	36

LISTA DE APÊNDICES E ANEXOS

APÊNDICES	PÁGINAS
01 – PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA DAS ESPÉCIES DAS TRÊS FASES SUCESSIONAIS AO LONGO DAS ESTAÇÕES DO ANO	61
02 – PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA DAS DIFERENTES FRAÇÕES DAS TRÊS FASES SUCESSIONAIS AO LONGO DAS ESTAÇÕES DO ANO	61
03 – TEORES DE N EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES E DAS FASES SUCESSIONAIS	62
04 – TEORES DE P EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES E DAS FASES SUCESSIONAIS	62
05 – TEORES DE K EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES E DAS FASES SUCESSIONAIS	63
06 – TEORES DE Ca EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES E DAS FASES SUCESSIONAIS	63
07 – TEORES DE Mg EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES E DAS FASES SUCESSIONAIS	64
08 – TEORES DE Na EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES E DAS FASES SUCESSIONAIS	64
09 – TEORES DE Zn EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES E DAS FASES SUCESSIONAIS	65
10 – TEORES DE Cu EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES E DAS FASES SUCESSIONAIS	65
11 – TEORES DE Mn EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES E DAS FASES SUCESSIONAIS	66
12 – TEORES DE Fe EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES E DAS FASES SUCESSIONAIS	66
13 – TEORES DE Al EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES E DAS FASES SUCESSIONAIS	67
ANEXO	
01 – PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA MÉDIA MENSAL DURANTE O PERÍODO DE MARÇO DE 1998 A MARÇO DE 2000	68

RESUMO

Este trabalho teve por finalidade avaliar parte da dinâmica da ciclagem de nutrientes em ecossistema de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, na Floresta Estadual do Palmito, município de Paranaguá/PR. As parcelas de estudo foram distribuídas em três fases de desenvolvimento da floresta: inicial (18 anos), intermediária (31 anos) e avançada (56 anos). Foi avaliada a liberação de nutrientes das principais espécies arbóreas, através da composição química da serapilheira e das folhas maduras das espécies, e também através da lixiviação das folhas das árvores por pulverização e por imersão do material em água deionizada. Em relação à produção de serapilheira, constatou-se que a maior deposição ocorreu nos períodos de maior precipitação, e que as espécies que possuem maior valor de importância foram as que mais contribuíram para a produção de serapilheira. Os teores de alguns nutrientes na serapilheira apresentaram variações no decorrer das estações climáticas, sendo mais evidente no caso do Na e K. Observou-se um aumento nos teores de N e K, à medida que a sucessão evolui, e, contrariamente os teores de Al e Na diminuíram. A liberação de nutrientes das folhas pelo processo de lixiviação revelou-se como um processo importante para a entrada de nutrientes, principalmente no caso do K e Ca. As quantidades de nutrientes liberadas pela lixiviação aumentaram com o gradiente sucessional, fato associado principalmente às características morfológicas das folhas, e também ao microclima e solo da fase avançada (maior umidade e maior espessura dos horizontes orgânicos). As quantidades de nutrientes mobilizadas também aumentaram com a evolução da sucessão vegetal, sugerindo um maior reaproveitamento destes nutrientes pelas espécies da fase avançada em função de suas necessidades fisiológicas. O estudo demonstrou que a dinâmica de evolução da sucessão vegetal está amplamente ligada ao processo de ciclagem de nutrientes, o qual garante a autossustentabilidade deste ecossistema.

ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate part of the nutrient cycling dynamics in a “Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas” (Tropical Atlantic Forest), placed in Paranaguá, PR, Brazil. Three plots were choosed, representing the different phases of the forest regeneration: Initial (18-years-old), Intermediary (31-years-old), and Advanced (56-years-old). The contribution of the main tree species in the releasing of nutrients to the ecosystem was evaluated from the analisys of foliar and litterfall nutrient composition, and from the foliar leaching after pulverization or immersion of leaves with deionized water. In terms of litterfall production, the research found out that deposition occurs mainly during the largest precipitation periods, and that species with highest Importance Value Index contribute more to the litterfall production. The concentration of some nutrients in litterfall showed variations during the weather seasons, being more clear for Na and K. A phase effect was also observed and was represented by an increase of N and K concentrations, and a decrease of Al and Na concentrations in litterfall with the developing of the forest regeneration phases. The leaching process showed to be an important source for the nutrient cycling, specially for K and Ca. The nutrient quantities released by leaching increased with the sucessional gradient, due specially to the morphological characteristics of leaves, and also to the local conditions – higher humidity and thicker organic soil horizon. The amounts of nutrient mobilized in tissues also increased with the gradient of vegetation evolution, suggesting a higher efficiency in nutrient reutilization for species of the advanced phase, due to their physiological needs. The study has showed that the vegetation developing dynamics is closed connected to the nutrient cycling process, ensuring the ecosystem self-sustainability.

1 INTRODUÇÃO

A Floresta Atlântica é conhecida como uma das maiores reservas de biodiversidade do planeta. Este fato deve-se principalmente, à grande variedade de seus ecossistemas, os quais se diferenciam por suas características de solo, relevo, vegetação, altitude, microclima, e outros.

Dentre estes ecossistemas, encontra-se a Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas. Esta vegetação desenvolve-se em solos arenosos, os quais possuem baixa capacidade de retenção de nutrientes devido às suas limitações químicas e físicas. Neste contexto, o processo denominado ciclagem de nutrientes é de grande importância para a formação da floresta.

A serapilheira, originada a partir da vegetação, torna-se a principal fonte de nutrientes para o solo, refletindo na fertilidade do mesmo. Através da sua decomposição ocorre o reaproveitamento dos seus nutrientes pela vegetação, garantindo a sustentabilidade deste ecossistema. Além da serapilheira, outra fonte importante de entrada de nutrientes é a água da chuva. Esta, além de conter quantidade relevante de nutrientes, promove a lavagem dos mesmos das copas das árvores, retornando assim, quantidade significativa de nutrientes ao solo.

Considerando o processo de sucessão ecológica, a liberação de nutrientes é diferenciada em função das espécies que compõem uma determinada fase de desenvolvimento da floresta. DICKOW (2000), em seu estudo sobre a contribuição de espécies na liberação de nutrientes pela lixiviação, em diferentes estágios sucessionais, realizado na mesma área do presente estudo, concluiu que este aspecto deve estar relacionado com características físicas e químicas relativas a cada espécie. A autora observou que as espécies comportaram-se de maneira diferenciada com relação à ciclagem dos nutrientes, e não verificou uma relação direta entre a proporção de matéria seca e a quantidade de nutrientes lixiviadas.

Visando complementar as informações sobre a dinâmica biogeoquímica de nutrientes em três fases sucessionais da Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, o presente estudo teve por finalidade avaliar a contribuição das principais espécies florestais na liberação de nutrientes para o ecossistema, através da queda de serapilheira e da interação da água da chuva com as plantas.

Os objetivos específicos deste estudo foram os seguintes:

- Avaliar a deposição de serapilheira em função das diferentes fases sucessionais da vegetação, das espécies arbóreas selecionadas, e das estações climáticas;
- Determinar a composição química da serapilheira e das folhas maduras das principais espécies arbóreas que ocorrem na área;
- Determinar a composição química da solução lixiviada das folhas das espécies selecionadas;
- Determinar a composição química da solução de imersão das folhas e ramos das espécies selecionadas;
- Estimar a mobilização de nutrientes das folhas senescentes para as folhas em crescimento.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Geomorfologia

Segundo ANGULO (1992), no litoral do Estado do Paraná encontram-se dois domínios geológicos principais: o escudo cristalino, representado pela Serra do Mar, e a planície litorânea representada por depósitos sedimentares continentais e costeiros.

Conforme SUGUIO & MARTIN (1990), as amplas áreas de sedimentação quaternária, formando planícies litorâneas arenosas geralmente conhecidas por planícies de restingas, são bastante freqüentes ao longo das costas sudeste e sul brasileiras. A formação destas planícies está relacionada à quatro principais fatores: fontes de areia, correntes de deriva litorânea, variações do nível relativo do mar e armadilhas de retenção dos sedimentos.

No estado do Paraná a planície litorânea possui cerca de 10 a 20 km de largura , atingindo o máximo de 50 km na Baía de Paranaguá. Em sua maior extensão possui altitudes inferiores a 10 m sobre o nível do mar. Nos pontos superiores atinge 20 m. s. n. m. É constituída de formações arenosas de restinga, paludais terrestres , manguesais e de terrenos de aluvião terrestre nas proximidades do complexo cristalino. A leste é limitada pela orla atlântica e a oeste pelos terrenos acidentados do complexo cristalino constituintes da Serra do Mar e de suas ramificações. Elevações de rochas cristalinas formam ilhas nas planícies de sedimentos. Elas serviram de apoio para os processos de sedimentação (BIGARELLA, 1978).

Grande parte dos sedimentos do fundo da Baía de Paranaguá originou-se do retrabalhamento dos sedimentos das restingas. Extensas áreas adjacentes à baía são formadas por restingas correspondentes a mais de uma época de sedimentação. Os depósitos arenosos das restingas constituem terraços situados a diferentes altitudes sobre o nível médio do mar. Na superfície da areia depositada pelo mar ficaram marcados os alinhamentos das antigas cristas praias, chamados de cordões litorâneos, formando os terraços marinhos de origem pleistocênica e holocênica (BIGARELLA, 1978).

2.2 Solos

BRITEZ (1994) salienta que diversos trabalhos que focalizam o ecossistema de

restinga são unânimes em caracterizá-lo como solos de baixa fertilidade, devido às condições edáficas, onde predomina a textura arenosa (sedimentos de origem marinha), dificultando retenção de íons e de água.

Conforme WISNIEWSKI (1997), a área de estudo está situada em Espodossolo que, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMPRAPA, 1999), compreende os solos constituídos por material mineral com horizonte B espódico subjacente a horizonte eluvial E (álbico ou não), ou subjacente a horizonte A, que pode ser de qualquer tipo, ou ainda, subjacente a horizonte hístico com menos de 40 cm de espessura. Apresentam, usualmente, seqüência de horizontes A, E, Bh, Bhs ou Bs e C, com nítida diferenciação de horizontes. São solos muito pobres, moderada a fortemente ácidos, apresentando saturação por bases baixa, sendo peculiares os altos teores de alumínio extraível. São desenvolvidos principalmente por materiais arenoquartzosos, sob condições de umidade elevada, em clima tropical e subtropical, em relevo plano, suave ondulado, áreas de surgência, abaciamentos e depressões, sob tipos de vegetação os mais diversos.

Para RACHAWL & CURCIO (1994), no Paraná, os Espodossolos geralmente são de textura essencialmente arenosa, diferindo-se dos Neossolos Quartzorêmicos por apresentarem um horizonte de perda (E=eluvial) logo abaixo do horizonte A e um horizonte de acumulação (iluviação) de matéria orgânica e/ou sesquióxidos de ferro e alumínio (Bh ou Bir), em profundidade. Este processo faz dos Espodossolos solos ainda mais pobres em nutrientes e com maiores limitações ao uso que os Neossolos Quartzorêmicos

Em relação à hidrologia, MOLCHANOV (1971) salienta que o crescimento das florestas depende muito do lençol freático, principalmente em solos arenosos. BRITZ (1994) constatou a ocorrência da "restinga baixa" (8-15 m de altura) em lugares mais elevados dos cordões arenosos da planície litorânea, enquanto a "restinga alta" (15-25 m de altura) ocorreu nas depressões, onde há freqüentemente o afloramento do lençol freático.

2.3 Vegetação

A restinga desenvolve-se a partir da vegetação litorânea arenosa atrás das dunas, aliando-se às vezes diretamente à formação mangrove, sendo intercalada por faixas pantanosas, lagoas abertas e planícies de gramíneas (MAACK, 1981).

Conforme LEITE & KLEIN (1990), as restingas são formações vegetais sob influência direta do mar, distribuídas por terrenos arenosos do Quaternário recente, geralmente com algum teor salino, sujeito à intensa radiação solar e acentuada ação eólica. Há uma grande variedade de ambientes circunscritos a esta formação, dentre os quais merecem destaque, pela maior importância fisionômica, os seguintes:

-Faixa de praia: ambiente pobre em vegetação, em face da maior instabilidade e do elevado índice salino, onde se encontram poucas espécies, em geral, psamófitas halófitas rasteiras como é o caso da *Spartina ciliata*, *Paspalum distichum*, *Remirea maritima*, *Ipomea pescaprae*, entre outros.

-Dunas instáveis, irregularmente dispersas, são áreas fortemente assoladas pelo ventos, com freqüente mobilização da areia e com vegetação muito escassa apresentando espécies como a *Spartina ciliata*, *Panicum reptans*, *Cordia verbenaceae*, *Scaecola plumieri* e *Sophora tomentosa*.

-Dunas fixas: distribuem-se por amplas áreas das planícies litorâneas, em situações onde a ação eólica não se faz tão intensa, sob a proteção dos cordões dunares móveis e semifixos. Nestas dunas, o processo de estruturação do solo está estreitamente vinculado a presença de uma cobertura vegetal ainda incipiente, porém mais rica em espécies do que nas áreas anteriores. Pela maior importância fisionômica, destacam-se as seguintes espécies: *Schinus terebentifolius*, *Eugenia catharinae*, *Eugenia umbelliflora*, *Myrcia rostrata*, *Lythraea brasiliensis*, *Rapanea parvifolia*, *Guapira opposita* e outras.

-Superfícies aplainadas e/ou plano-deprimidas: nas áreas de enchamento predomina uma formação pioneira de estrutura herbácea ou gramíneo lenhosa, destacando-se espécies como *Juncus spp.*, *Typha domingensis*, entre outras. De permeio a estes banhados, frequentemente encontram-se "tesos ou albardões" onde se desenvolvem aglomerações arbóreas ou arbustivas em geral, com predominância de *Allophylus edulis*, *Ocotea pulchella*, *Alchornea triplinervia*, *Myrcia multiflora*, *Calophyllum brasiliensis*, *Tapirira guianensis*.

-Costões rochosos: nestes pontos desenvolve-se uma vegetação típica, sob a ação direta dos ventos e salinidade marinha. De modo geral trata-se de formações subarbustivas, arbustivas e até arbóreas, de características xerofíticas, cuja composição florística varia conforme o ambiente: na base dos costões, geralmente encontram-se agrupamentos de bromeliáceas rupestres e gramíneas; nos locais menos íngremes, onde já se pode notar incipiente camada de

solo, observam-se freqüentemente arbustos e arvoretas de *Rapanea parviflora*, *Pera glabrata*, *Clusia criuva*, *Cordia verbenaceae*, *Cereus jamacaru*, *Guapira opposita*, dentre outras; nos ambientes com solos mais bem estruturados, a vegetação apresenta porte arbóreo ou subarbóreo, onde assumem importância sociológica espécies como *Rapanea umbellata*, *Cupania vernalis*, *Cousapoa schotti*, *Byrsonima ligustrifolia*, *Syagrus romanzoffiana*, e muitas outras espécies da Floresta Ombrófila Densa Submontana.

Segundo o IBGE (1992), a Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas é uma formação que ocorre nos terrenos do Quaternário, em geral situados pouco acima do nível do mar nas planícies formadas pelo assoreamento, devido à erosão existente nas serras costeiras e nas enseadas marítimas. Nesta formação dominam duas "ochlospécies", sendo *Calophyllum brasiliense* a partir do estado de São Paulo para o sul até a costa Centro-Sul de Santa Catarina e *Ficus organensis*, terminando sua ocorrência às margens da Lagoa dos Patos, no Rio Grande do Sul.

2.4 Ciclagem de nutrientes

A ciclagem de nutrientes se traduz pelos fluxos de elementos químicos minerais e orgânicos entre a atmosfera para o solo e a vegetação, e vice-versa (SPURR & BARNES, 1982; DELITTI, 1993).

Os elementos químicos essenciais do protoplasma tendem a circular na biosfera em vias características, do ambiente aos organismos e destes, novamente, ao ambiente. Estas vias mais ou menos circulares chamam-se ciclos biogeoquímicos. O movimento desses elementos e compostos inorgânicos que são essenciais para a vida pode ser adequadamente denominado ciclagem de nutrientes. A geoquímica estuda a composição química da terra e as trocas de elementos entre as várias partes da crosta terrestre, da atmosfera e dos oceanos, rios e outras massas de água. A biogeoquímica vem a ser o estudo da troca de materiais entre os componentes vivos e não vivos da biosfera (ODUM 1988).

Segundo SWITZER & NELSON (1972), a ciclagem de nutrientes nos ecossistemas florestais pode ser caracterizado de três formas: ciclo geoquímico, ciclo biogeoquímico e ciclo bioquímico. O ciclo geoquímico caracteriza-se pelas trocas de elementos minerais entre diferentes ecossistemas, sendo que as principais fontes de entradas de nutrientes são a poeira e

chuva, intemperismo de rochas, fixação biológica de nitrogênio e fertilizações. O ciclo biogeoquímico refere-se as trocas químicas entre o solo e a planta, envolvendo a absorção dos nutrientes pela planta, distribuição dos mesmos na planta, lixiviação pela água da chuva, desfoliação por herbívoros, e a decomposição da serapilheira. O ciclo bioquímico caracteriza-se pela translocação de nutrientes que encontram-se armazenados em tecidos velhos para os tecidos novos da plantas, sendo de grande importância para a manutenção de nutrientes de maior mobilidade dentro da planta como é o caso do N, P, K e Mg.

Segundo WISNIEWSKI (1989), dentro de um ecossistema florestal pode-se reconhecer dois ciclos: um global, que considera as entradas e saídas de nutrientes para outros sistemas e, dentro deste ciclo um ciclo biológico fechado que envolve só as trocas de nutrientes entre as plantas e o solo, sendo que este ciclo inclui as transferências de elementos via queda de serapilheira e também devido à lavagem das copas pela água da chuva.

No ciclo de nutrientes em ecossistemas florestais, podem ser distinguidos os seguintes processos: a) "input" da atmosfera em forma de poeira ou elementos solubilizados na água da chuva; b) absorção dos elementos pela planta, especialmente através das raízes; c) transporte dos elementos dentro das plantas; d) retorno dos elementos para o solo em forma sólida como tecidos orgânicos ou serapilheira e em forma líquida através da lixiviação da copa e escurrimto ao longo dos troncos; e) deslocamento dos elementos em forma solúvel no corpo do solo; f) lixiviação dos elementos para o lençol freático ou perda por volatilização (BLUM, 1978).

Os principais fatores que controlam a ciclagem de nutrientes são: temperatura, umidade e fatores bióticos. Condições ambientais como alta temperatura e umidade favorecem as altas taxas de produção de biomassa e reciclagem de nutrientes, promovendo altas taxas de atividades biológicas, resultando em altas taxas de lixiviação e intemperização do material de origem (JORDAN, 1985).

Conforme WISNIEWSKI (1997), os nutrientes armazenados na serapilheira acumulados nos horizontes orgânicos, variam em função de muitos fatores: a concentração dos elementos nos vários componentes da serapilheira, que por sua vez estão relacionados às espécies e suas características nutricionais, capacidade de absorção, translocação e armazenamento; da fenologia das espécies; da intensidade do processo de lixiviação das copas pela água da chuva; do elemento considerado; da época do ano; da quantidade de serapilheira

produzida; das características nutricionais do ambiente e das estratégias de conservação. A mineralização da matéria orgânica do solo disponibiliza os nutrientes para serem novamente absorvidos pelas plantas do ecossistema no processo chamado de ciclagem biológica de nutrientes.

A quantidade de nutrientes que entra ou sai anualmente de um ecossistema é influenciada por fatores como: propriedades físicas e químicas dos solo, condições climáticas, tipo de vegetação e localização do ecossistema em relação ao mar, às grandes áreas urbanas e aos complexos industriais (POGGIANI, 1997).

Segundo REBELO *et al.* (1992), o menor tempo de ciclagem se verifica em ecossistemas como a Floresta Atlântica, no qual a maior parte da serapilheira é produzida no início da estação mais favorável para a decomposição e para produção primária. O tempo de ciclagem é limitado ao mínimo necessário para a mineralização dos detritos, sem lapso decorrente de tensor climático. Uma consequência esperada deste sincronismo é a minimização das perdas por lixiviação decorrentes das altas precipitações de verão. Como estratégias para evitar reduzir estas perdas, WISNIEWSKI (1997) cita uma variedade de mecanismos de conservação de nutrientes nas florestas tropicais úmidas, sendo eles: grande biomassa de raízes, concentração de raízes perto da superfície do solo, micorrizas, manutenção de uma complexa comunidade abaixo do solo, longevidade e resistência das folhas, grossas cascas de árvores, rápida drenagem do solo. A autora salienta que quando a floresta está sujeita a um distúrbio natural ou humano, alguns ou todos os mecanismos podem ser destruídos.

Conforme ODUM (1988), nas regiões frias, uma grande parcela da matéria orgânica e dos nutrientes disponíveis permanece o tempo todo no solo ou no sedimento; nos trópicos, uma percentagem muito maior está na biomassa, sendo reciclada dentro da estrutura orgânica do sistema, com o auxílio de várias adaptações biológicas que conservam nutrientes, inclusive simbioses mutualísticas entre microrganismos e plantas. Ao remover-se esta estrutura biótica evoluída e bem-organizada, os nutrientes perdem-se rapidamente por lixiviação sob condições de alta temperaturas e chuvas intensas, principalmente em locais que em princípio são pobres em nutrientes. Por esta razão, as estratégias agrícolas da zona temperada, que envolvem a monocultura de plantas anuais de vida curta, são totalmente inapropriadas para as regiões tropicais.

2.4.1 Fluxo de nutrientes no ciclo hidrológico

Conforme BLUM (1978), o ciclo da água em ecossistemas florestais está relacionado com os seguintes processos: a) precipitação atmosférica; b) movimentação horizontal e vertical; c) absorção pela planta através das raízes; d) transporte na planta de baixo para cima; e) liberação de água para atmosfera através da transpiração- ou liberação através da evaporação do solo.

A oferta de bioelementos originados na forma solúvel pela lixiviação da copa assume grande importância para a flora e fauna do solo, epífitas e outras plantas além de animais envolvidos no mecanismo da biogeocenose (BLUM, 1978)

A interação da água da chuva com a vegetação, provoca uma alteração na qualidade da água e este processo é um dos mais importantes meios de entrada de nutrientes no ecossistema (ARCOVA & CICCIO, 1987; HAAG, 1985; MARSCHNER, 1986, DANTAS 1994).

A lixiviação faz parte do processo biogeoquímico da ciclagem de nutrientes. O enriquecimento da água da chuva em nutrientes após a interação com as árvores provém de duas origens: a lixiviação dos metabólitos lábeis dos tecidos das folhas e a lavagem das partículas captadas pela vegetação durante o período sem chuva (LIMA, 1986).

O lixiviado enriquece as camadas superiores do solo e tende a contrabalancear as perdas devidas à lixiviação de zonas mais profundas, e mais distantes acumulando-os nas suas proximidades. O lixiviado das folhas afeta o número e o comportamento dos microorganismos que, por sua vez, alteram o processo de gênese do solo, sua textura e fertilidade. A lixiviação assim se torna importante no desenvolvimento da sucessão vegetal a qual termina na floresta climax (MALAVOLTA, 1980).

A estrutura espacial da vegetação está relacionada ao processo de captura de nutrientes da atmosfera, sendo de grande importância para as plantas sob influência marinha (HAY & LACERDA, 1984). Estes autores também salientam a importância da entrada de nutrientes via atmosfera nos ecossistemas costeiros sobre solos arenosos, indicando como principais origens a precipitação úmida e a deposição seca proveniente do mar.

As florestas de regiões costeiras recebem quantidades apreciáveis de Na, Cl e outros nutrientes (PEREIRA, 1978). A entrada de nutrientes pela precipitação e poeiras apresenta variação local e temporal, de acordo com a proximidade de fontes emissoras, e em relação a época do ano (PEREIRA, 1978; LIMA, 1986).

Conforme TUKEY (1964), os fatores que afetam a quantidade e a qualidade do lixiviados podem ser: idade fisiológica da folha, estágio de desenvolvimento da plantas, luz, temperatura, intensidade de chuva, e orvalho.

Segundo MALAVOLTA (1980) a palavra lixiviação foliar é definida como a remoção de substâncias contidas nas folhas pela ação de soluções aquosas como chuva, orvalho, neblina e nevoeiro. Entre os fatores que influenciam a lixiviação de substâncias das folhas estão os seguintes:

- fatores internos: tipo e natureza da planta; característica da folha (molhabilidade, cerosidade, cutícula, pubescência, hidatódios); idade fisiológica da folha; estado nutricional; desordens fisiológicas.
- fatores externos: solução lixiviadora; luz; temperatura; duração do período de lixiviação; intensidade da chuva; dano (doença, praga, mecânico, climático, nutricional); orvalho; nutrição do sistema radicular.

No que diz respeito a natureza da substâncias do material lixiviado estas podem ser :

- minerais: Ca, Cl, Fe, Mg, Mn, N, P, K, Si, Na, Sr, S e Zn.
- orgânicas: carboidratos (frutose, galactanas, glicose, lactose, pécnicas, rafinose, sacarose, álcoois açúcares; aminoácidos (alanina, arginina, asparagina, ácido aspártico, glutâmina, ácido glutâmico, glicina, histidina, leucina, lisina, metionina, prolina, serina, tirosina, valina); ácidos orgânicos (ascórbico, glicosídios ácidos, cítrico, fumárico, glicólico).

O acúmulo de um elemento mineral que é lixiviado depende do tipo do elemento e da intensidade de chuvas (MARSCHNER, 1986; DANTAS, 1994). A própria composição química da chuva pode ter influência sobre a qualidade das soluções lixiviadas (MARQUES & RANGER, 1997).

Segundo MARSCHNER (1986), a reabsorção dos nutrientes minerais lixiviados possibilita às plantas o suprimento dos locais de demanda (ex: novas brotações) por nutrientes cuja retranslocação é muito limitada ou ausente, como é o caso do Ca e Mg. A lixiviação também é importante para a remoção de certos elementos minerais, como o Al ou Mn, quando encontram-se em concentrações tóxicas nas folhas. A lixiviação de elementos minerais e compostos orgânicos como os fenóis, ácidos orgânicos e aminoácidos pode afetar outras espécies de plantas no dossel bem como os microrganismos do solo.

A solução de imersão, segundo GAMA-RODRIGUES (1999), indica o potencial de

lixiviação que ocorre no material vegetal após intensa precipitação. Em seus estudos envolvendo espécies florestais nativas e plantios puros, o autor concluiu que o fluxo de água por meio da serapilheira constitui importante mecanismo de transferência de nutrientes para o solo, e que estes também estariam prontamente disponíveis para serem reabsorvidos pelas raízes no subhorizonte F da serapilheira existente na superfície do solo.

2.4.2 Produção de serapilheira e liberação de nutrientes

Segundo VITOUSEK & SANFORD (1986), apesar da produção de serapilheira ser apenas uma parte da ciclagem de nutrientes, é a principal via de transferência de nutrientes da vegetação para o solo.

Conforme REISSMANN & WISNIEWSKI (1993), com exceção do elemento K, cujo maior retorno se dá por lixiviação das copas, a deposição de serapilheira é o processo mais importante de transferência de nutrientes para o solo no âmbito da ciclagem biológica. É um mecanismo importante e complexo que age no sentido de assegurar a produtividade contínua do sítio.

BRITEZ (1994) salienta que vários trabalhos citam fatores bióticos e abióticos que interferem na deposição de serapilheira, tais como: tipo de vegetação, latitude, altitude, temperatura, precipitação, disponibilidade de luz durante a estação de crescimento, comprimento do dia, evapotranspiração, relevo, deciduidade, estágio sucessional, herbivoria, disponibilidade hídrica e estoque de nutrientes no solo.

A serapilheira, possui grande significado hidrológico, funcionando como filtro e esponja da água proveniente da atmosfera que penetra no solo. A absorção de água depende do tipo de manta, sendo que a manta morta florestal absorve maior quantidade de precipitação que musgos e ervas (MOLCHANOV, 1971).

A variação da biomassa de serapilheira no chão da floresta entre as diferentes plantações tropicais reflete a influência predominante das características da espécie, idade, taxa de crescimento, condições climáticas e propriedades do solo. As espécies da vegetação podem afetar a taxa de decomposição da serapilheira e conseqüentemente modificar a camada do solo orgânico e a taxa do ciclo biogeoquímico de nutrientes (O'CONNELL & SANKARAN, 1997).

Segundo DELITTI (1989), o equilíbrio no compartimento da serapilheira é atingido quando a quantidade de material a ele adicionada é igual àquela decomposta pelos detritívoros, quando a comunidade está em clímax. Portanto, esta camada de detritos mantém-se em equilíbrio, não apresentando alterações significativas em sua quantidade absoluta. Podem, contudo, ocorrer variações sazonais neste compartimento, em decorrência da periodicidade da vegetação e do clima.

As maiores taxas de produção nas florestas tropicais estão relacionadas à produção de folhas, sendo que as condições climáticas, a fertilidade e a disponibilidade de água no solo, e a composição de espécies são os fatores que determinam a quantidade de serapilheira produzida (JORDAN, 1985). Conforme GOLLEY *et al.* (1978), nestas florestas os estoques principais de nutrientes e, particularmente fósforo e potássio, estão ligados ao compartimento constituído pelos vegetais .

Wareing & Philips (1975)¹, citados por PORTES 2000, salientam que juntamente com os diversos fatores que causam a queda de órgãos, a senescência seqüencial de folhas pode ser causada pela competição entre as folhas maduras e as regiões em crescimento. A maior queda de folhas também pode estar relacionada com o desenvolvimento de frutos.

Em seu estudo sobre a produção de serapilheira em diferentes florestas do mundo, BRAY & GORHAM (1964) concluíram que ela é composta em 60-80% por folhas, 12-15% por ramos, 1-15% por frutos, e 1-15% por cascas de árvores. Estes autores verificaram que os períodos de maior produção de serapilheira estão relacionados à diminuição do fotoperíodo, que ocorre no outono, e/ou a períodos de deficiência hídrica. Ao contrário, estudos realizados por JAKSON (1978), DELITTI (1992), BRITZ (1994) e MORAES (1993), revelam que na Floresta Atlântica, ocorre maior deposição de serapilheira nos meses de maior precipitação (verão), demonstrando uma estratégia para a renovação das folhas devido à abundância de água e radiação deste período, possibilitando, desta forma, que a troca de folhas se dê com menor custo para o ecossistema.

A serapilheira acumula-se sobre o solo formando os horizontes orgânicos, que sofrendo os processos de lixiviação, mineralização e humificação dão origem ao horizonte A do solo. Os horizontes orgânicos por sua vez são divididos em subhorizontes denominados L

¹ WAREING, P. F. & PHILIPS, I. D. J. 1975. The control of growth & differentiation in plants. Pagamon Press Ltd., 4^a ed. 303p.

(folhas), F (folhas em decomposição) e H (húmus), em função do estágio de decomposição da serapilheira que o compõe (REISSMANN *et al.*, 1982). A produção de serapilheira pelo ecossistema florestal é influenciada por fatores como latitude, altitude e precipitação, e outros fatores como tipo de vegetação, disponibilidade de luz, fotoperiodismo, evapotranspiração, relevo, estágio sucessional, disponibilidade hídrica, fertilidade do solo e até herbivoria (WISNIEWSKI, 1997).

VITOUSEK (1984), ao analisar as concentrações de nutrientes na serapilheira de diferentes florestas do mundo, verificou que o N é o elemento mais limitante em florestas temperadas e que o P é o mais limitante nas florestas tropicais.

A liberação de nutrientes da serapilheira depende de sua decomposição, que segundo SINGH & GUPTA (1977), é controlada por 4 fatores: composição química da serapilheira, condições ambientais (temperatura e umidade); animais do solo e microorganismos.

A serapilheira escurece a medida que é umedecida e as substâncias solúveis em água, principalmente açúcares, ácidos orgânicos e polifenóis, são lixiviados. A fragmentação produzida por animais do solo promovem condições físicas no substrato muito aptas para o crescimento da microflora e a serapilheira é invadido por microorganismos presentes. A destruição dos tecidos pela microflora, por sua vez, favorece o ataque da microfauna do solo, continuando o ciclo (SPURR & BARNES, 1982; O'CONNELL & SANKARAN, 1997).

As bactérias são indispensáveis para a fixação de nitrogênio, os fungos para absorção de nutrientes através das raízes das árvores, e o complexo total da biota do solo é necessário para a realização da decomposição dos restos orgânicos a um estado onde possam ser reutilizados pela vegetação (SPURR & BARNES, 1982).

Durante a decomposição, o carbono é utilizado como um suprimento de energia pelos decompositores enquanto o nitrogênio está “preso” nas proteínas das células e outros componentes. Os efeitos do alto conteúdo de N são mais marcantes nos primeiros estágios da decomposição (SINGH & GUPTA, 1977).

2.4.3 Sucessão vegetal e sua influência na ciclagem de nutrientes

A sucessão vegetal é um processo dinâmico que implica, especialmente em unidades fitoecológicas florestais, em mudanças fisionômicas, estruturais e florísticas acentuadas,

quando da passagem da fase inicial e de maior simplicidade para avançadas de maior complexidade e estabilidade (GALVÃO *et al.*, 1999). Este processo de substituições demanda alterações na quantidade de biomassa estocada em cada fase, melhorando as características químicas e físicas do solo através da adição de matéria orgânica (GALVÃO *et al.*, 1999; WISNIEWSKI, 1997; DELITTI, 1993).

Em áreas onde a vegetação original foi retirada, a sucessão obedece a um ritmo de recuperação do solo degradado, processo este, pelo qual a própria vegetação é responsável através da adição de matéria orgânica e regulação dos regimes hídricos e térmicos com o decorrer do processo (WISNIEWSKI, 1997).

Para DELITTI (1993), o progressivo aperfeiçoamento do processo de ciclagem de nutrientes ao longo da sucessão é uma estratégia para o estabelecimento e manutenção de florestas sobre solos de baixa fertilidade, como ocorre para a Floresta Amazônica, Floresta Atlântica.

Segundo SPURR & BARNES (1982), a absorção dos nutrientes é mais elevada no período em que as plantas encontram-se no estágio juvenil, o qual, em relação ao processo de sucessão, corresponde ao período de maior produtividade.

Conforme HAAG *et al.* (1985), existe uma variação entre as espécies florestais relativa à quantidade de nutrientes retidos e devolvidos. Este fato parece estar ligado não só à espécie, mas também à idade e às condições edafo-climáticas.

As quantidades relativas dos diferentes nutrientes absorvidos pelas árvores, exercem um papel muito importante na determinação do crescimento relativo e capacidade competitiva das diferentes espécies. O processo de decomposição afetará a natureza do desenvolvimento do solo e exercerá uma influência importante sobre a vegetação subsequente (SPURR & BARNES, 1982).

Durante o estágio inicial do desenvolvimento das espécies, a ciclagem dos nutrientes da serapilheira não é muito desenvolvida, sendo que os nutrientes são retirados em sua maior parte das reservas do solo (DELITTI, 1993). Em geral, espécies pioneiras que crescem sobre solos de baixa fertilidade apresentam uma elevada eficiência no uso dos nutrientes escassos no ecossistema (VITOUSEK, 1984).

RANGER *et al.* (1995), em seu estudo sobre nutrição da espécie *Pseudotsuga menziessi*, utilizando cronosequência em três idades (20,40 e 60 anos) verificaram que a copa

da árvore retém uma grande quantidade de nutrientes, especialmente N, P e Ca. Tal fato pôde ser mais evidenciado na idade mais jovem, na qual os valores entre copa e tronco foram mais igualmente distribuídos, do que nas parcelas com 40 e 60 anos. Os resultados mostraram que a média de biomassa imobilizada é menor para o estágio jovem (20 anos) e maior para o estágio intermediário (40 anos), e que o sítio jovem imobiliza a mesma quantidade de nutrientes que o velho (60 anos).

BOEGER (2000) constatou uma tendência no aumento dos valores de nitrogênio, P e K e dos micronutrientes a medida que a sucessão ecológica avançava.

Um aspecto interessante das florestas dos trópicos são as epífitas, que tendem a aparecer com maior intensidade nos estágios mais avançados da sucessão. O conteúdo dos nutrientes existentes em seus tecidos vivos e mortos constitui um reservatório de nutrientes, que pode ser transferido para outros reservatórios do ecossistema (BRITZ, 1994; HAAG, 1985; WISNIEWSKI 1997)

Durante a sucessão, verifica-se portanto a tendência para a formação de reservatórios cada vez maiores dentro dos ecossistemas, para o maior controle dos seres vivos sobre as entradas e saídas de nutrientes e para a maior utilização desses recursos pelos diferentes componentes da comunidade biológica (DELITTI, 1993, REBELO *et al.*, 1992).

2.4.4 Ciclagem bioquímica

Segundo HAAG (1979), nos estágios iniciais de crescimento, a maior parte dos nutrientes está contida nas folhas. À medida que a idade das folhas aumenta, o seu peso seco e o teor de nutrientes varia. Desta forma, a concentração de alguns elementos nas folhas aumenta enquanto a de outros decresce, havendo uma translocação de nutrientes de órgãos senescentes para regiões de crescimento da árvore.

CALDEIRA *et al.* (1999), em estudo realizado com a espécie *Acacia mearnsii*, observaram que as concentrações de nutrientes nas folhas recém maduras são superiores na sua totalidade comparada às concentrações de nutrientes na serapilheira. Isto confirma que as concentrações de nutrientes móveis nas folhas senescentes diminuí devido sua transferência para as partes em crescimento das árvores.

De acordo com MENGEL & KIRKBY (1978) e MALAVOLTA (1980), o N, P, K são

os elementos de maior mobilidade dentro das plantas, ao contrário do Ca que é um elemento praticamente imóvel dentro das plantas, exigindo um fornecimento constante pela fonte (raíz).

AMARAL *et al.* (1996), constataram que os elementos mais móveis apresentaram valores mais altos na parte superior da copa, enquanto os elementos de menor mobilidade, como o Ca, acumularam-se nas partes inferiores da copa.

ASHTON (1975 e 1976)²; ATTIWILL *et al.* (1978)³ citados por CALDEIRA *et al.* (1999), constataram que quando as folhas de eucalipto se tornam senescentes a redistribuição de nutrientes como o N e P podem ultrapassar a 50% do conteúdo total.

CALDEIRA *et al.* (1999), em estudo realizado com a espécie *Acacia mearnsii*, verificaram que o N foi o elemento mais abundante tanto nas folhas recém maduras como na serapilheira, entretanto, não foi o mais redistribuído, demonstrando a sua baixa capacidade de mobilização nesta espécie. Este autor encontrou o seguinte gradiente de redistribuição dos nutrientes: P>K>Mg>N>Ca.

²ASHTON, D.H. Phosphorus in forest ecosystems at Beenak Victoria. *Journal of Ecology*, Oxford, v.64, p 171-186, 1976.

³ATTIWILL, P. M.; GUTRIE, H. B., LEUNING, R. Nutrient cycling in a *Eucalyptus obliqua* (L'Herit) forest. I Litter production and nutrient return. *Australian Journal of Botany*, Melbourne, v. 261, p. 79-91, 1978.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudos

3.1.1 Localização

A área estudada faz parte da Floresta Estadual do Palmito, localizada no município de Paranaguá - PR, entre as coordenadas 25°35' de latitude Sul e 48°32' de longitude Oeste (FIGURA 01). Atualmente esta área é administrada pelo Instituto Ambiental do Paraná, possuindo um total de 6.246,94 ha.

3.1.2 Clima

Conforme as cartas climáticas do IAPAR (1978), no município de Paranaguá, o clima predominante é o Af segundo Köppen, caracterizado como clima tropical super úmido, sem estação seca e isento de geadas, com temperatura média em todos os meses superiores a 18° C, e com precipitação média do mês mais seco acima de 60 mm.

Os dados meteorológicos de temperatura e precipitação ocorridos durante o período de março de 1998 a março de 2000 na área estudada, foram obtidos no Centro de Estudos do Mar – UFPR, Pontal do Sul/PR. O ANEXO 01 demonstra os registros do referido período.

3.1.3 Solos

Segundo WISNIEWSKI (1997), a área de estudo está situada em uma classe de solo denominada Espodossolo, com diferenças na espessura e profundidade de ocorrência dos horizontes, assim como no grau de consistência do horizonte espódico. A análise granulométrica indica um solo arenoso, com teores de areia variando entre 90 e 98%, dependendo do horizonte considerado. O solo apresenta-se ácido em todo o perfil com valores de pH da ordem de 3,2 para o horizonte A e 3,9 para o horizonte E. A saturação de bases varia entre 8 e 16% no horizonte A. Os teores de carbono são da ordem de 60 g.dm⁻³ nas fases sucessionais inicial e avançada e da ordem de 110 g.dm⁻³ na fase sucessional intermediária.

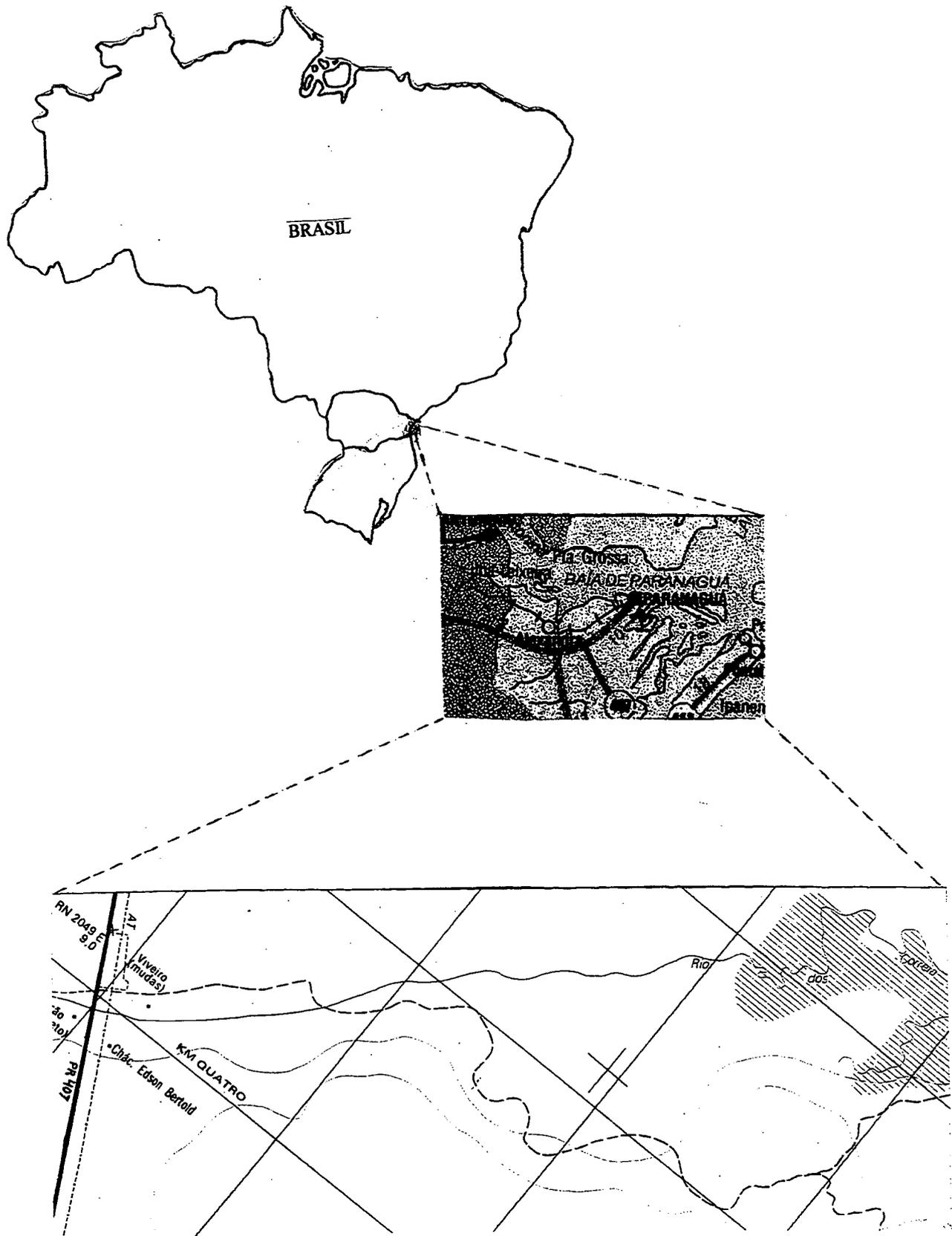


FIGURA 01 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1.4 Vegetação

Na Floresta Estadual do Palmito, o levantamento fitossociológico realizado por WISNIEWSKI (1997), revelou os valores de importância para as espécies vegetais por fase sucessional demonstrados na TABELA 01. A caracterização geral para cada fase sucessional foi descrita da seguinte forma:

- Fase Inicial (com 18 anos no ano de 2000): fase em que a restinga é baixa, esparsa e pouco diversificada, com 4 metros de altura média. As árvores, bem espaçadas entre si, formam touças oriundas de rebrotamentos e seus troncos tem diâmetros pequenos, em média em torno de 5 cm. A fisionomia é homogênea e poucas são as plantas epífitas, raras as bromélias. O solo é em grande extensão, especialmente em clareiras, cobertos por líques frutíferos, e dentre as espécies arbóreas predominante destaca-se a caúna (*Ilex theezans*), compreendendo 77,5 % da árvores (FIGURA 02).
- Fase Intermediária (com 31 anos no ano de 2000): poderão ser encontrados dois estratos distintos e um terceiro começando a diferenciar-se. Não há clareiras na vegetação e a floresta é sombreada e úmida. As árvores mais altas atingem 12,5 m de altura média, enquanto que o segundo estrato encontra-se em torno de 8 m. O sub-bosque encontra-se repleto de bromélias, aparecendo também epífitas da famílias Orquidaceae e Araceae, além de cactos pendentes (*Rhipsalis* spp.), herbáceas terrestres de Liliaceae e Iridaceae, arbustos de Rubiaceae e Melastomataceae, trepadeiras da família Sapindaceae, entre outras (FIGURA 03).
- Fase Avançada (com 56 anos no ano de 2000): podem ser observados três estratos distintos e sub-bosque rico em bromélias, aráceas, polipodiáceas, lianas, trepadeiras, entre outras. A guaminhova (*Geonoma* sp.) é abundante e caracteriza, em grande parte, o estrato inferior, distribuindo-se por entre as herbáceas e arbustivas. O estrato superior possui entre 11 e 14 m de altura e é caracterizado principalmente pela ocorrência da *Tapirira guianensis* (cupiúva), *Calophyllum brasiliensis* (guanandi), *Myrcia racemosa* (guapiranga), *Ocotea aciphyla* (canela-ponta-de-lança), *Euterpe edulis* (palmito), e *Ocotea pulchella* (canela lageana) sendo que esta variedade de espécies indica que a restinga passou a ser Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas (FIGURA 04).



FIGURA 02 – FASE INICIAL DA VEGETAÇÃO



FIGURA 03 – FASE INTERMEDIÁRIA DA VEGETAÇÃO



FIGURA 04 – FASE AVANÇADA DA VEGETAÇÃO

TABELA 01 - VALOR DE IMPORTÂNCIA (VI) EM ORDEM DECRESCENTE DE 7 ESPÉCIES DAS TRÊS FASES SUCESSIONAIS.

INICIAL		INTERMEDIÁRIO		AVANÇADO	
Espécie	VI (%)	Espécie	VI (%)	Espécie	VI (%)
<i>Ilex theezans</i> (caúna)	159,56	<i>Ilex theezans</i> (caúna)	72,88	<i>Tapirira guianensis</i> (cupiúva)	29,08
<i>Ternstroemia brasiliensis</i> (vermelho)	29,24	<i>Ternstroemia brasiliensis</i> (vermelho)	31,65	<i>Geonoma cf. elegans</i> (guaminhova)	27,64
<i>Andira anthelminthica</i> (jacaranda-lombriga)	27,85	<i>Rapanea venosa</i> (capororocão)	29,99	<i>Ocotea aciphylla</i> (canela-ponta-de-lança)	20,47
<i>Ocotea pulchella</i> (canela-lageana)	16,54	<i>Gomidesia fenzliana</i> (papagoela)	29,65	<i>Andira anthelminthica</i> (jacarandá-lombriga)	18,21
<i>Pera glabrata</i> (tabocuva)	15,52	<i>Andira anthelminthica</i> (jacaranda-lombriga)	26,92	<i>Ocotea pulchella</i> (canela-lageana)	16,56
<i>Psidium cattleianum</i> (araça)	10,66	<i>Clusia criuva</i> (mangue do mato)	14,41	<i>Myrcia racemosa</i> (guapiranga)	12,46
<i>Clethra scabra</i> (carne de vaca)	7,93	<i>Ocotea pulchella</i> (canela-lageana)	13,25	<i>Euterpe edulis</i> (palmito)	12,44

3.2 Coleta da serapilheira

Para a coleta da serapilheira foram utilizados coletores formados por estruturas em tubo de PVC de formato quadrado, com 56 cm de lado (0,31 m²) e 0,70 cm de altura e por telas de nylon com malha de 2 mm (FIGURA 05). Os coletores foram instalados em três áreas experimentais, sendo cada uma constituída por 1000 m², as quais correspondem às diferentes fases de sucessão (inicial, intermediária e avançada). Foram distribuídos aleatoriamente 10 coletores/área. As coletas foram realizadas a cada três semanas, no período de 2 anos, a partir do outono de 1998 até o verão de 2000.



FIGURA 05 –COLETOR DE SERAPILHEIRA

3.2.1 Separação das frações da serapilheira

No laboratório, a serapilheira foi acondicionada em sacos de papel e realizou-se a secagem em temperatura ambiente. Depois de seca, a serapilheira foi separada nas seguintes frações: folhas das espécies selecionadas (ES), miscelânea de folhas (espécies não selecionadas) (MF); ramos, flores e frutos (RFF); e outros (OT) (fração cujo estado de decomposição não permitiu a identificação do material) (FIGURA 06).

A seleção das espécies estudadas baseou-se nos seguintes critérios:

- Espécies utilizadas no estudo desenvolvido por BOEGER (2000) e DICKOW (2000);
- Maior valor de importância (densidade relativa + dominância relativa + frequência relativa)
- Ocorrência das espécies selecionadas nos coletores.

A tabela 02 demonstra as espécies selecionadas conforme a fase sucessional.

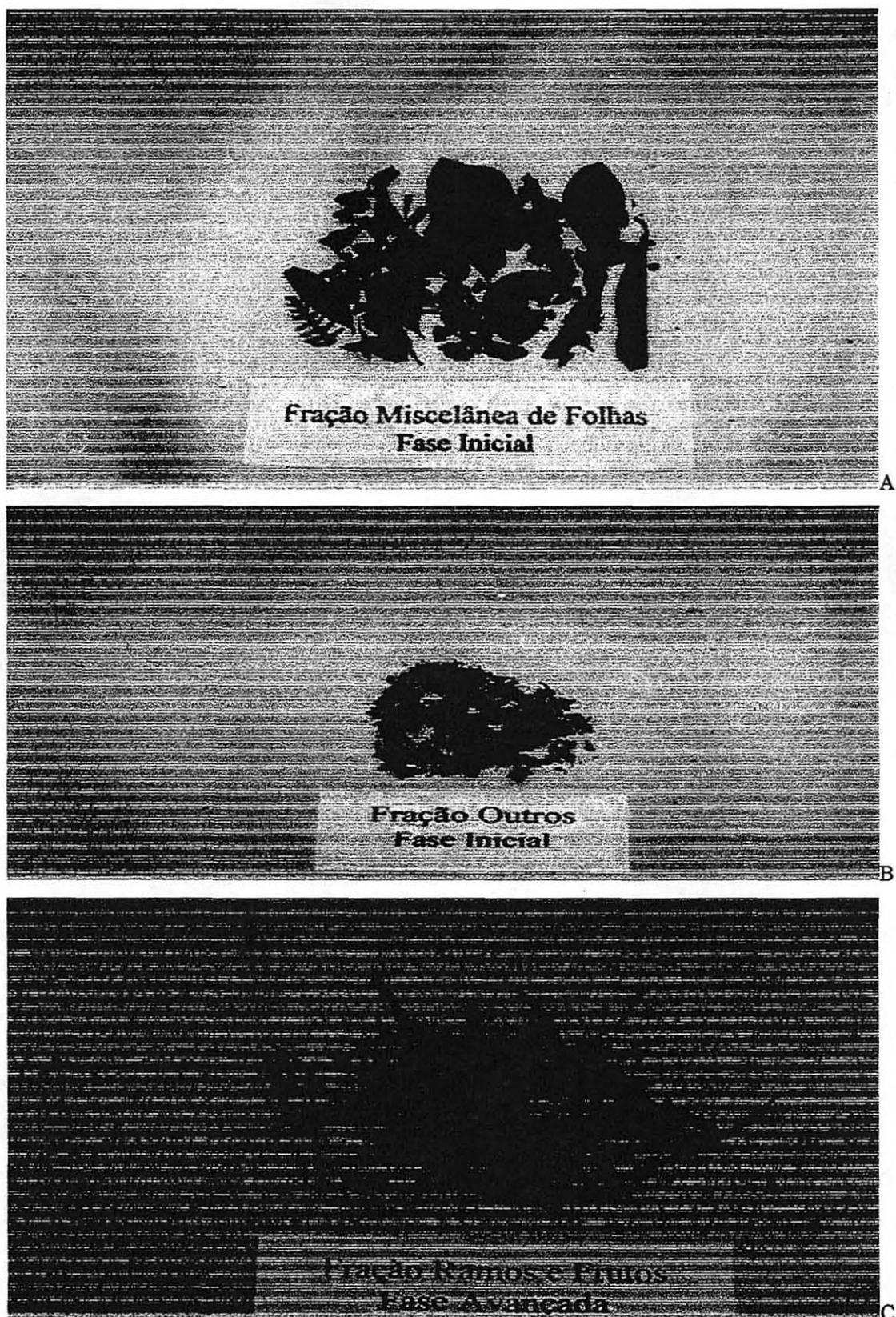


FIGURA 06 – Frações da serapilheira: A) Miscelânea de folhas da fase inicial; B) Outros da fase inicial; C) Ramos e frutos da fase avançada

TABELA 02 - ESPÉCIES SELECIONADAS POR FASE SUCESSIONAL

FASE INICIAL	FASE INTERMEDIÁRIA	FASE AVANÇADA
<i>Ilex theezans</i> (caúna)	<i>Ilex theezans</i> (caúna)	<i>Myrcia racemosa</i> (guapiranga)
<i>Ternstroemia brasiliensis</i> (vermelho)	<i>Ternstroemia brasiliensis</i> (vermelho)	<i>Ocotea aciphylla</i> (canela-ponta-de-lança)
<i>Pera glabrata</i> (tabocuva)	<i>Ocotea pulchella</i> (canela-lageana)	<i>Tapirira guianensis</i> (cupiúva)
	<i>Clusia criuva</i> (mangue-do mato)	<i>Ocotea pulchella</i> (canela-lageana)
	<i>Gomidesia fenzliana</i> (papagoela)	
	<i>Rapanea venosa</i> (capororocão)	

Após separadas, as frações foram levadas à estufa a 70 °C até que atingissem o peso constante, e pesadas, para a obtenção do peso de massa seca das frações, por data de coleta.

Para caracterização da composição química das frações, as amostras foram agrupadas por estação do ano, ou seja, no final, cada fração foi composta de 4 subamostras.

3.3 Coleta das folhas da copa das árvores

Visando caracterizar a composição química das folhas maduras de algumas espécies, foram selecionadas árvores nas parcelas de estudo. Com o auxílio de um podão, foram coletadas folhas e ramos de cinco árvores por espécie selecionada em cada área. A coleta foi realizada no período outonal, no mês de maio, quando as folhas recém maduras apresentam, em geral, o auge da maturidade fisiológica. Estes ramos e folhas foram acondicionados em sacos plásticos e colocadas em caixas refrigeradas até chegarem ao laboratório.

3.3.1 Separação das folhas maduras

No laboratório, as folhas maduras foram separadas de acordo com as características de crescimento de cada espécie, tomando-se por base o estudo realizado por BOEGER (2000). Para obtenção das folhas maduras foram destacadas as folhas da porção mediana do ramo,

logo após o ápice e um pouco antes da base, evitando a coleta de folhas muito jovens ou velhas. Conforme cada espécie foram consideradas as seguintes folhas:

Tapirira guianensis (cupiúva): folhas a partir do 2º ou 3º verticilo no sentido ápice-base do ramo;

Myrcia racemosa (guapiranga): folhas a partir do 3º verticilo no sentido ápice-base do ramo;

Rapanea venosa (capororção): folhas a partir do 3º ou 4º verticilo no sentido ápice-base do ramo;

Clusia criuva (mangue-do-mato): folhas a partir do 3º verticilo no sentido ápice-base do ramo;

Ocotea aciphylla (canela-ponta-de-lança): folhas a partir do 2º ou 3º verticilo no sentido ápice-base do ramo;

Ternstroemia brasiliensis (vermelho): folhas a partir do 2º e 3º verticilo no sentido ápice-base do ramo;

Ilex theezans (caúna): folhas a partir do 2º ou 3º verticilo no sentido ápice-base do ramo;

Ocotea pulchella (canela-lageana): folhas a partir do 2º verticilo no sentido ápice-base do ramo;

Gomidesia fenzliana (papagoela): folhas a partir do 2º verticilo no sentido ápice-base do ramo;

Pera glabrata (tabocuva): folhas a partir do 2º ou 3º verticilo no sentido ápice-base do ramo.

3.4 Ensaios de lixiviação por pulverização e solução de imersão

A lixiviação por pulverização foi realizada através da simulação de chuva nas folhas utilizando-se um pulverizador contendo água deionizada. Para a coleta da solução lixiviada, foram utilizadas as folhas maduras acomodadas em funis acoplados a recipientes de polietileno, em número de 5 repetições por espécie. A pulverização das folhas foi conduzida até a obtenção de uma quantidade de solução suficiente para a análise química (cerca de 8 minutos de pulverização), simulando-se desta forma uma chuva de 115,85 mm (FIGURA 07).

Para a realização do ensaio de solução de imersão com folhas e ramos do material coletado, tomou-se como base os estudos de GAMA-RODRIGUES *et al.* (1999). As folhas foram acomodadas em recipientes contendo 1000 ml de água deionizada e os ramos em

recipientes contendo 500 ml de água deionizada, com duas repetições para cada tipo de material. As folhas e os ramos permaneceram imersos por 24 horas, sendo coletadas, em seguida amostras destas soluções para análise em laboratório (FIGURA 08).

3.5 Análises químicas

As análises foram realizadas no laboratório de Nutrição Mineral de Plantas da UFPR.

Para a determinação de P, K, Ca, Mg, Al, Na, Cu, Fe, Mn e Zn, o material foi digerido em Mufla a 500°C e solubilizado em HCl 10%. No caso do N, os tecidos vegetais foram digeridos em meio ácido e destilados segundo o método Kjeldahl. Os elementos K e Na foram determinados por emissão atômica; e Ca, Mg, Al, Cu, Fe, Mn e Zn foram determinados por absorção atômica em espectrômetro 2380 Perkin-Elmer. O P foi determinado por colorimetria com vanadato-molibdato de amônio (cor amarela), sendo a leitura feita em espectrofotômetro UV/VIS 554 Perkin-Elmer.

Para a caracterização da solução lixiviada e da solução de imersão foram determinados o pH e os teores de K, Ca, Mg, Al e Na, através da mesma metodologia adotada para a determinação da composição química das folhas, sendo que o N-NO₃ foi analisado por espectrofotometria de absorção ultravioleta segundo NORMAN & STUCKI (1981), e o P por colorimetria segundo WATTANAR & OLSEN (1965).

3.6 Estimativa da mobilização de nutrientes nos tecidos foliares

A estimativa da mobilização de nutrientes das folhas senescentes para as folhas em crescimento, foi baseada no estudo realizado por RANGER, MARQUES E COLIN-BELGRAND (1997), o qual utilizou o seguinte cálculo:

Mobilização = (concentração de nutrientes das folhas maduras) – (concentração de nutrientes na serapilheira) – (quantidades de nutrientes na solução de imersão das folhas verdes)



FIGURA 07 – LIXIVIAÇÃO POR PULVERIZAÇÃO DAS FOLHAS VERDES

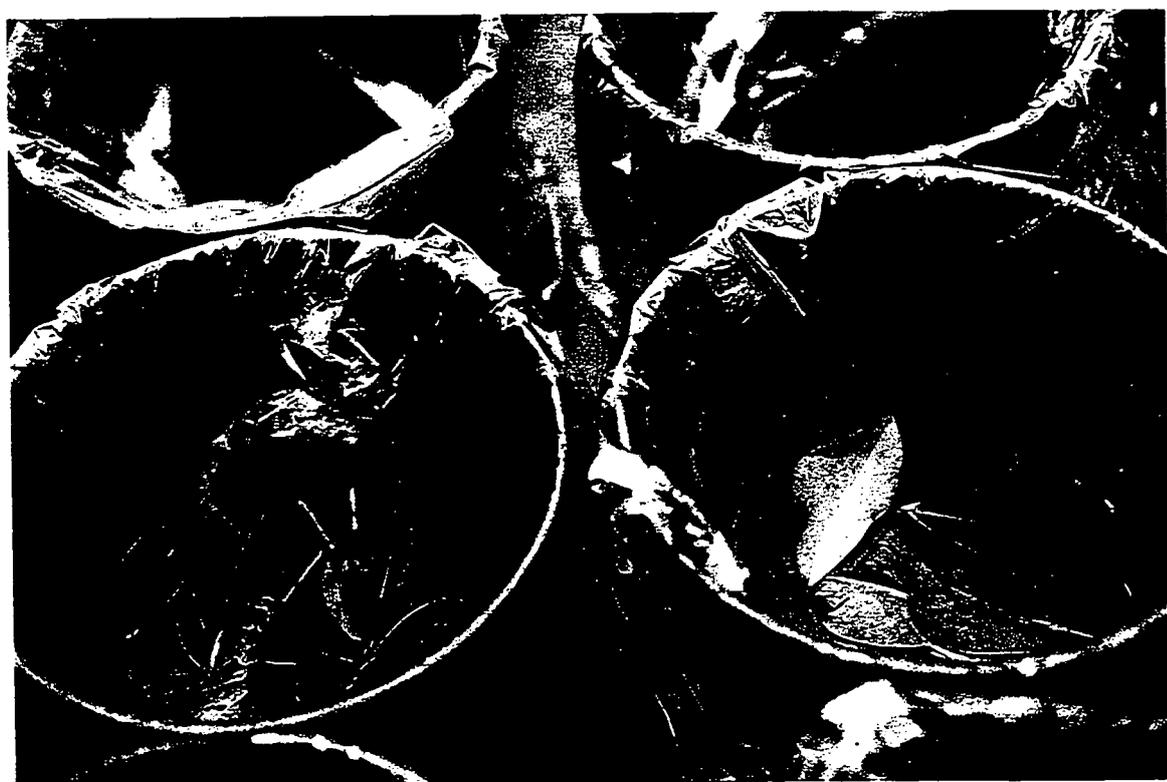


FIGURA 08 – LIXIVIAÇÃO POR SOLUÇÃO DE IMERSÃO DAS FOLHAS VERDES

3.7 Análise estatística

A análise estatística foi feita considerando-se separadamente vários fatores de variação, em delineamento inteiramente casualizado, realizando-se a ANOVA, com posterior comparação das médias através do teste de Fisher's Protected LSD, ao nível de 5 % de probabilidade (programa SUPERANOVA)

No caso da produção da serapilheira adotou-se como tratamentos as diferentes fases sucessionais e frações (ES, MF, RFF e OT) com 2 repetições (ano 1 e ano 2) ou 8 repetições (estações do ano) por tratamento. Para a composição química da serapilheira os tratamentos foram as espécies selecionadas, adotando-se o mesmo número de repetições utilizado na produção de serapilheira.

No caso dos teores de nutrientes das soluções lixiviadas, os tratamentos foram as espécies estudadas, sendo consideradas 5 repetições por espécie.

Em relação aos teores de nutrientes nas soluções de imersão, os tratamentos também foram as fases sucessionais e as espécies estudadas (separadas em folhas e ramos), sendo neste caso considerada 2 repetições por tratamento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Produção de serapilheira

4.1.1 Produção de serapilheira por fase sucessional

Através da TABELA 03 pode-se observar a produção de serapilheira nas três fases sucessionais.

TABELA 03 - PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA NAS TRÊS FASES SUCESSIONAIS, POR ESTAÇÃO DURANTE O PERÍODO DO OUTONO DE 1998 AO VERÃO DE 2000

FASE SUCESSIONAL	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Total
	kg/há				
Inicial	474,91	467,04	1857,70	2214,26	5013,91
Intermediária	727,03	849,32	2469,96	3090,97	7137,28
Avançada	541,35	821,00	2454,62	2220,42	6037,39
Total ano 1	1743,28	2137,36	6782,28	7525,65	18188,58
Inicial	1073,10	1060,52	2076,97	1554,28	5764,87
Intermediária	1754,73	1490,28	2360,97	2490,92	8096,89
Avançada	1120,58	1229,09	2364,81	2089,11	6803,60
Total ano 2	3948,41	3779,89	6802,75	6134,31	20665,36
Peso médio da serapilheira da fase inicial				5389,89 a*	
Desvio padrão				(531,72)	
Peso médio da serapilheira da fase intermediária				7617,09 b	
Desvio padrão				(678,55)	
Peso médio da serapilheira fase avançada				6420,49 ab	
Desvio Padrão				(541,78)	

* Valores em colunas seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Fischer's protected LSD, ao nível de 5% .

A deposição de serapilheira nos dois anos de estudo foi de mesma magnitude, sendo um pouco superior no ano 2. A fase sucessional que apresentou o maior valor médio de produção foi a fase intermediária com 7,6 t/ha/ano, sendo seguida pela fase avançada com 6,4 t/ha/ano, e a fase inicial, com 5,4 t/ha/ano. Estes valores estão dentro da faixa dos resultados encontrados por WISNIEWSKI (1997) na mesma área do presente estudo e por BRITZ (1994) em ecossistema de restinga na Ilha do Mel/PR.

O outono do ano 1 foi a estação que apresentou a menor deposição com 1743 kg/ha, correspondendo a menos da metade (44%) do total de produção de serapilheira do outono do ano 2. Já o verão do ano 1 foi a estação com maior deposição apresentando 7526 kg/ha.

O GRÁFICO 01 demonstra que as maiores deposições ocorreram na primavera e verão, em ambos os anos de estudo, as quais conhecidas com os períodos de maior precipitação e temperatura como é demonstrado no GRÁFICO 02.

GRÁFICO 01 - DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA DAS TRÊS FASES SUCESSIONAIS AO LONGO DAS ESTAÇÕES DO ANO

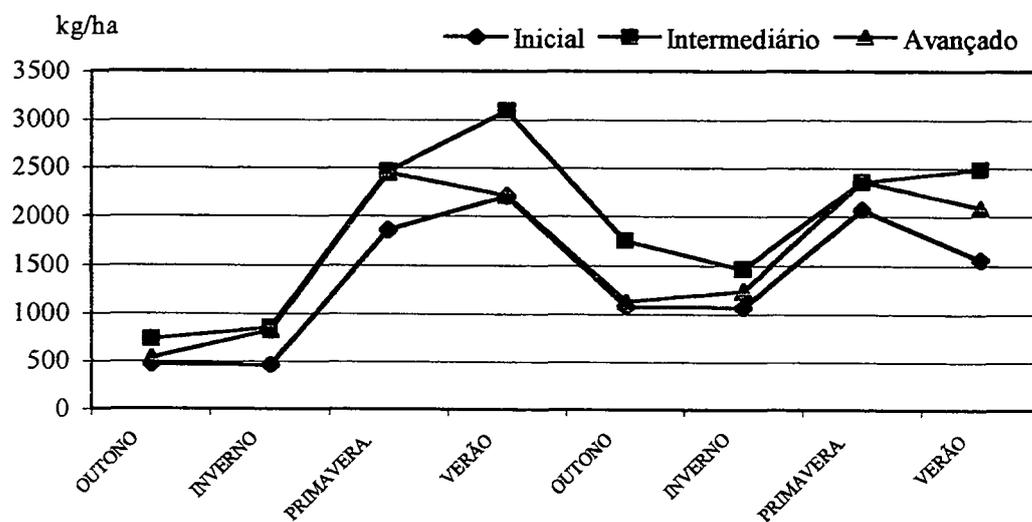
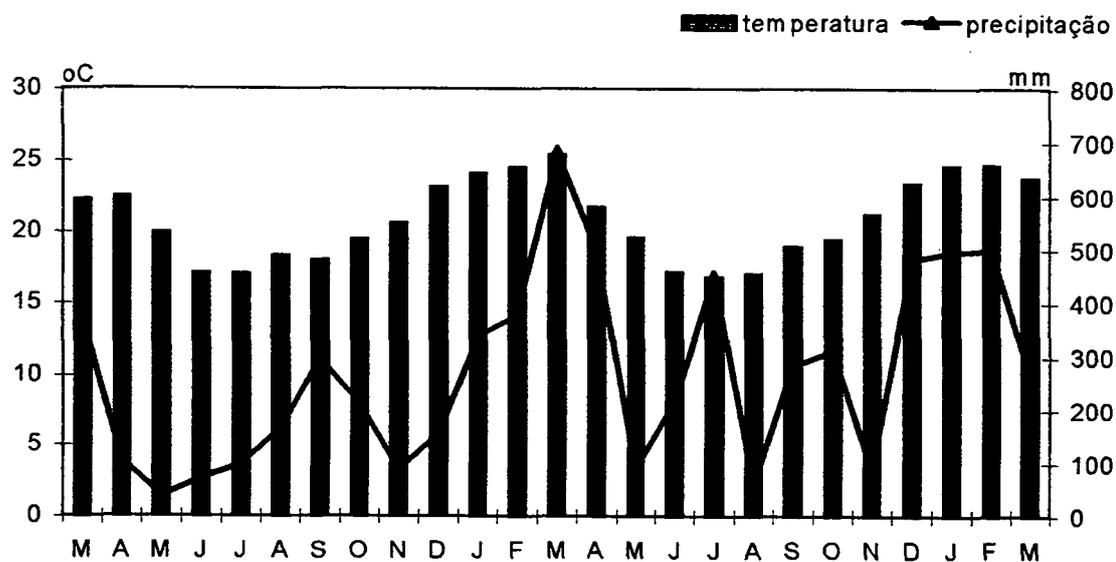


GRÁFICO 02 - PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA MÉDIA MENSAL DURANTE O PERÍODO DE MARÇO DE 1998 A MARÇO DE 2000



Para a fase inicial as estações de outono, inverno e primavera do ano 2 apresentaram um valor de deposição de serapilheira maior que no ano 1. Já o verão do ano 1 apresentou maior deposição que o verão do ano 2.

Nas fases intermediária e avançada o outono e o inverno de 1999 também apresentaram maior deposição que no ano de 1998, sendo que a primavera e verão do ano de 1998 apresentaram valores superiores aos do ano de 1999.

Ao comparar os resultados de produção de serapilheira do presente estudo com os resultados obtidos por WISNIEWSKI (1997), observam-se diferenças na dinâmica de produção de serapilheira. Esta autora encontrou os seguintes valores de produção de serapilheira na Floresta Estadual do Palmito: para a fase inicial (na época com 12 anos), foi encontrado um peso total de 4675 kg/ha/ano, para a fase intermediária (25 anos) um peso total de 7528 kg/ha/ano; e na fase avançada foi encontrado um valor de 7799 kg/ha/ano. Estes resultados revelam uma diminuição na produção de serapilheira da fase avançada, fato que pode estar relacionado com a queda de árvores de várias espécies. Estas ocorreram em função de tempestades de verão que são frequentes na área e provocaram uma mudança na estrutura desta parcela. As árvores de grande porte, neste ambiente, tombam facilmente pois têm suas raízes concentradas nas camadas superficiais do solo e ficam sem sustentação nas ocasiões de ventos fortes.

RAMOS & PELLENS (1993), estudando ecossistema de restingas verificaram que o período de maior produção de folhas ocorreu de julho a novembro (inverno-primavera), com valores máximos em setembro e outubro, o que difere um pouco dos resultados obtidos na Floresta do Palmito.

MELLO (1995), estudando a produção de serapilheira em florestas do Rio Grande do Sul, verificou que a menor produção de folhas ocorreu no mês de julho, e que o pico de produção ocorreu na primavera. O autor observa que neste período ocorreu uma sequência de dias sem chuva, seguida por forte chuva com ventania, sendo assim ele conclui que o pico de queda ser deve em parte ao efeito mecânico da chuva e do vento, somado à possibilidade de um aumento na intensidade de abscisão foliar em resposta a alta demanda hídrica.

PORTES(2000), observou os maiores picos de produção no início da primavera, nos meses de setembro a dezembro e que a produção atinge um mínimo de maio a julho, período em que ocorre diminuição da temperatura e pluviosidade.

No presente estudo, as elevadas taxas de queda de serapilheira nos meses de primavera e verão estão associadas aos períodos de maior precipitação e temperatura, e também ao efeito mecânico do vento, uma vez que quantidades significativas de folhas verdes foram encontradas nos coletores nestes períodos.

4.1.2 Produção de serapilheira separada por frações

A TABELA 04, demonstra a participação das diferentes frações na produção média anual de serapilheira.

TABELA 04 - CONTRIBUIÇÃO DAS DIFERENTES FRAÇÕES NA PRODUÇÃO MÉDIA ANUAL DE SERAPILHEIRA (Kg/ha/ano)

FRAÇÃO	INICIAL	INTERMEDIÁRIA	AVANÇADA
F	4606,5 b* (357,7)**	5580,4 b (352,7)	4328,7 b (75,7)
RFF	515,9 a (161,7)	1394,4 (a) 276,8	1187,1 a (289,7)
OT	266,9 a (11,6)	642,3 a (48,9)	904,7 a (176,3)

* Valores em colunas seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Fischer's protected LSD ao nível de 5% .

** (Desvio padrão)

Nota-se que para as três fases sucessionais, a fração folhas (F), constituída pela miscelânea de folhas (MF) e pelas folhas das espécies selecionadas (ES), é a que mais contribui com a deposição de serapilheira, sendo seguida pela fração ramos, flores e frutos (RFF) e pela fração outros (OT).

Na fase inicial a fração F contribuiu com 85,47% do total de serapilheira produzida, a fração RFF com 9,57% e a fração OT com 4,95%. Para a fase intermediária foram encontrados os valores de 73,26% para fração F; 18,31% para fração RFF, e 8,43% para fração OT. A fase avançada foi a que apresentou a menor contribuição de folhas das três fases com 67,42% desta fração; 18,49% da fração RFF; e 14,09% da fração OT, sendo este o maior valor para esta fração quando comparado às outras fases.

O fato da fase avançada demonstrar um maior valor da fração OT parece estar

relacionado a dois fenômenos que agem em paralelo: uma atividade mais intensa da fauna, que é mais diversificada nesta fase, e também uma maior umidade local, relativamente às outras duas parcelas, o que favorece a degradação do material vegetal. Já a diminuição da fração folhas nesta fase se deve a uma maior contribuição dos outros órgãos das árvores (flores, frutos e ramos).

Os valores encontrados são semelhantes aos encontrados por WISNIEWSKI (1997), que observou para a fase inicial uma contribuição de 88,6% pela fração folhas, 6,4% pela fração ramos, e 6% pela fração outros. Para a fase Intermediária encontrou valores de 68,9% pela fração folhas, 19% pela fração ramos, e 14,3% pela fração outros. Na fase avançada a autora observou valores de 64,4% para a fração folhas, 21,1% para fração ramos e 14,3 % para fração outros.

RAMOS & PELLEN (1993) verificaram, em ecossistema de restinga, a participação da fração folhas em 64,5% do total de serapilheira, seguida pelas frações galhos, frutos, flores, outros e líquens.

MORAES (1993) encontrou, para floresta de encosta, a contribuição na produção de serapilheira de 70,4% pela fração folhas; 14,7% pelos ramos; 12,4% pelos órgãos reprodutivos; e 2,5% pelos detritos. Em ecossistema de restinga a mesma autora encontrou 74% pela fração folhas, 17,5% pela fração ramos; 6,3% pela fração órgãos reprodutivos, e 1,7% pela fração detritos.

BRITEZ (1994) em restinga baixa, encontrou uma participação da fração folhas de 61,8%, dos ramos de 25,8%; 8,1% de flores e frutos e 4,2% de miscelânea. Em restinga alta, o autor encontrou 59,4% da fração folhas; 24,9% da fração ramos, 7,5% da fração flores e frutos e 8,1% da miscelânea.

4.1.3 Produção de serapilheira por espécie

A TABELA 05 apresenta os valores médios de produção de serapilheira por espécie nas três fases sucessionais.

Para a fase inicial a *Ilex theezans* foi a espécie que apresentou a maior deposição representando 67,2% do total da serapilheira. A *Ternstroemia brasiliensis* representou 6,7% e a *Pera glabrata* representou 2,7 % do total de serapilheira.

TABELA 05 - PRODUÇÃO MÉDIA ANUAL DE SERAPILHEIRA POR ESPÉCIE

INICIAL	MÉDIA (kg/ha)	INTERMEDIÁRIA	MÉDIA (kg/ha)	AVANÇADA	MÉDIA (kg/ha)
<i>Ilex theezans</i>	3620,5 b* (297,3)**	<i>Ilex theezans</i>	2361,5 b (242,3)	<i>Ocotea pulchella</i>	362,7 b (10,7)
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	361,0 a (36,6)	<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	406,5 a (74,8)	<i>Ocotea aciphylla</i>	711,9 c (63,4)
<i>Pera glabrata</i>	146,7 a (22,5)	<i>Ocotea pulchella</i>	352,8 a (35,3)	<i>Tapirira guianensis</i>	986,2 d (114,7)
		<i>Clusia criuva</i>	337,9 a (15,6)	<i>Myrcia racemosa</i>	151,8 a (5,3)
		<i>Rapanea venosa</i>	476,2 a (42,2)		
		<i>Gomidesia fenzliana</i>	332,2 a (44,8)		

* Valores em colunas seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Fischer's protected LSD ao nível de 5% .

** (Desvio padrão)

Na fase intermediária, a deposição de serapilheira por espécie ocorreu na seguinte ordem decrescente: *Ilex theezans* representando 30% do total da serapilheira, *Rapanea venosa* com 5,6%, *Ternstroemia* com 4,8%, *Ocotea pulchella* com 4,2% , *Clusia criuva* com 4% e *Gomidesia fenzliana* com 3,9% do total de serapilheira.

Para a fase avançada, a *Tapirira guianensis* é a espécie com maior deposição representando 15,4% do total de serapilheira, seguida pela *Ocotea aciphylla* 11,1 %, *Ocotea pulchella* com 5,7 %, e *Myrcia racemosa* com 2,4%.

A *Ilex theezans* apresentou o maior valor de importância (VI) e a maior participação na produção de serapilheira nas fases inicial e intermediária. Por se tratar de uma espécie pioneira apresenta boa capacidade de adaptação a ambientes inóspitos (menor teores de nutrientes e umidade) e também está adaptada à condição de luminosidade intensa, o que possibilitou uma maior ocorrência desta espécie nestas duas fases.

Já na fase avançada, observou-se que a participação das espécies na deposição de serapilheira foi mais equilibrada do que nas fases anteriores. Isto está certamente relacionado à própria estrutura fitossociológica desta fase sucessional, onde não ocorre uma espécie que predomine sobre as outras.

Os GRÁFICOS 03, 04 e 05, ilustram a produção de serapilheira das espécies das diferentes fases sucessionais ao longo das estações do ano.

GRÁFICO 03 – DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA DAS ESPÉCIES DA FASE INICIAL AO LONGO DAS ESTAÇÕES DO ANO.

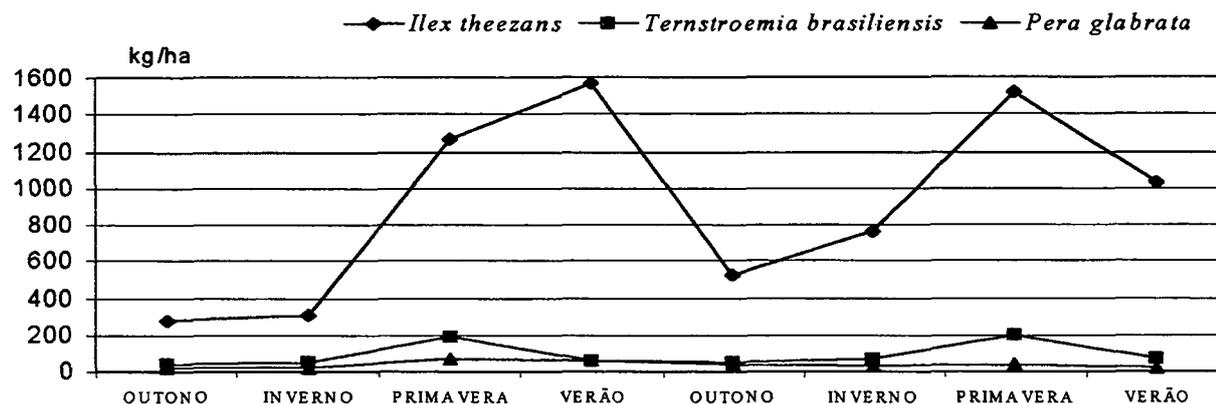


GRÁFICO 04 - DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA DAS ESPÉCIES DA FASE INTERMEDIÁRIA AO LONGO DAS ESTAÇÕES DO ANO

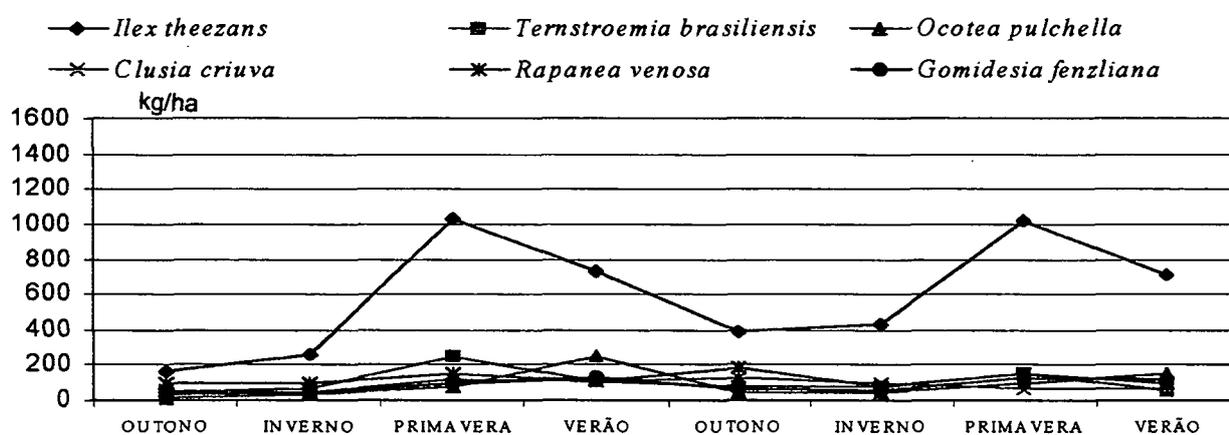
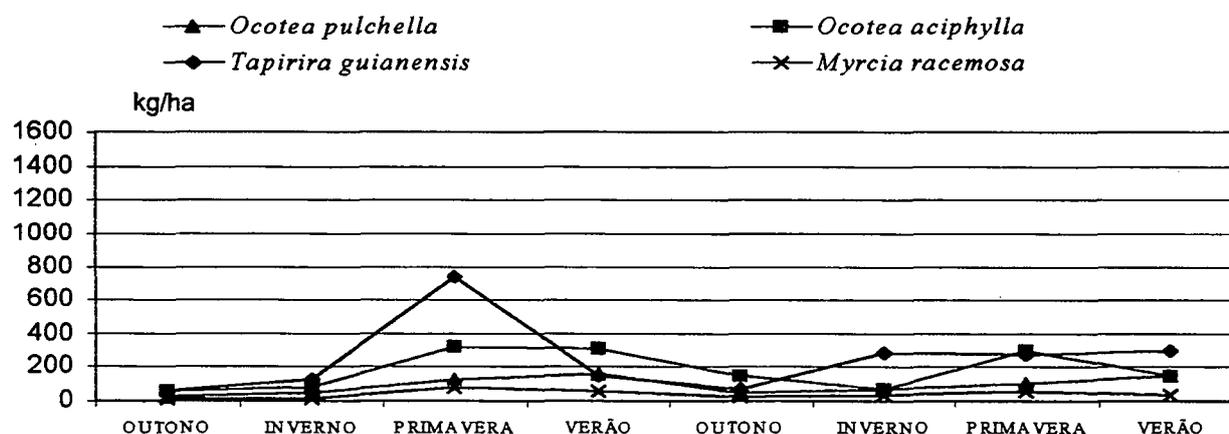


GRÁFICO 05 – DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA DAS ESPÉCIES DA FASE AVANÇADA AO LONGO DAS ESTAÇÕES DO ANO



Em relação à fase inicial, no ano 1, a *Ilex theezans* apresentou pico de maior deposição no verão e menor deposição no outono. As espécies *Ternstroemia brasiliensis* e *Pera glabrata* apresentaram picos de maior deposição na primavera e menor deposição no outono.

No ano 2, *Ilex theezans*, *Ternstroemia brasiliensis* e *Pera glabrata* apresentaram picos de maior deposição na primavera, sendo que a menor deposição para as duas primeiras espécies ocorreu no outono e para última ocorreu no inverno.

Na fase intermediária observa-se que, no ano 1 *Ilex theezans*, *Ternstroemia brasiliensis*, *Rapanea venosa* e *Clusia criuva* apresentaram picos de maior deposição na primavera, sendo que para as três primeiras a menor deposição ocorreu no outono e para a última ocorreu no inverno. A *Ocotea pulchella* apresentou maior deposição no verão e menor no outono, sendo acompanhada pela *Gomidesia fenzliana*, que apresentou o mesmo comportamento.

Para o ano 2, *Ilex theezans*, *Ternstroemia brasiliensis* e *Gomidesia fenzliana* apresentaram picos de maior deposição na primavera, sendo que as duas primeiras espécies mantiveram seu comportamento igual ao da fase inicial, apresentando menor deposição no outono e a última espécie com menor deposição no inverno. *Clusia criuva* e *Rapanea venosa* apresentaram um comportamento diferenciado das demais espécies, apresentando maior deposição no outono, sendo que a primeira espécie apresentou menor deposição no verão e a segunda no inverno.

Na fase avançada observou-se que, no ano 1 *Ocotea pulchella* novamente apresentou a maior deposição no verão e a menor no outono. *Ocotea aciphylla* e *Tapirira guianensis* apresentaram maior deposição na primavera e menor no outono. Para *Myrcia racemosa* ocorreu uma maior deposição na primavera e menor no inverno.

No ano 2, *Ocotea pulchella*, *Tapirira guianensis* apresentaram o mesmo comportamento citado para o ano 1. *Ocotea aciphylla* e *Myrcia racemosa* novamente apresentaram maior deposição na primavera, sendo que a primeira apresentou menor deposição no inverno e a segunda no outono.

A maioria das espécies apresentou a maior deposição nos períodos de maior precipitação e temperatura, seguindo o padrão descrito no item produção de serapilheira por fase sucessional.

4.3 Composição química da serapilheira

Através da TABELA 06 podem ser observados os teores médios de macronutrientes, Na e Al para as espécies das três fases sucessionais.

TABELA 06 - TEORES MÉDIOS DE MACRONUTRIENTES, SÓDIO E ALUMÍNIO NA SERAPILHEIRA PARA AS ESPÉCIES SELECIONADAS NAS TRÊS FASES SUCESSIONAIS

FASE	N	P	K	Ca	Mg	Na	Al
g/kg							
INICIAL							
<i>Ilex theezans</i>	5,56 a (1,84)	0,32 a (0,14)	0,99 a (0,12)	11,78 a (1,77)	5,38 b (0,28)	0,16 a (0,03)	0,46 a (0,08)
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	5,58 a (1,67)	0,34 a (0,10)	1,21 a (0,44)	10,41 a (0,89)	3,51 a (0,11)	0,12 b (0,02)	1,57 b (0,43)
<i>Pera glabrata</i>	20,38 b (1,39)	1,44 b (0,26)	2,24 b (0,48)	19,80 b (2,95)	7,20 c (1,46)	0,21 c (0,04)	0,23 a (0,08)
INTERMEDIÁRIA							
<i>Ilex theezans</i>	10,15 c (2,70)	0,35 b c (0,11)	1,95 c (0,52)	7,62 b (0,88)	3,74 d (0,40)	0,18 e (0,04)	0,35 b (0,08)
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	7,40 a (0,74)	0,24 a b (0,10)	1,78 b c (0,32)	7,97 b (0,39)	4,12 e (0,37)	0,15 d (0,03)	1,31 c (0,20)
<i>Ocotea pulchella</i>	9,76 b c (1,69)	0,40 c (0,11)	1,19 a (0,22)	5,73 a (0,70)	1,78 a (0,07)	0,08 a b (0,02)	0,45 b (0,08)
<i>Clusia criuva</i>	6,84 a (1,98)	0,29 a b c (0,14)	1,81 b c (0,21)	13,44 d (0,52)	3,29 c (0,14)	0,11 c (0,01)	0,08 a (0,03)
<i>Rapanea venosa</i>	8,13 a b (1,31)	0,22 a (0,09)	1,35 a (0,16)	9,72 c (1,15)	2,47 b (0,17)	0,13 c d (0,02)	0,11 a (0,03)
<i>Gomidesia feniziana</i>	7,30 a (1,54)	0,28 a b c (0,12)	1,48 a b (0,33)	6,52 a (0,76)	2,48 b (0,37)	0,11 b c (0,03)	0,13 a (0,04)
AVANÇADA							
<i>Ocotea pulchella</i>	10,19 a (2,56)	0,43 a b (0,16)	1,28 a (0,31)	6,73 a (0,48)	1,81 a (0,11)	0,06 b (0,02)	0,34 c (0,05)
<i>Ocotea aciphylla</i>	11,59 a b (1,39)	0,32 a (0,10)	1,77 b (0,35)	7,50 a (0,68)	2,05 b (0,12)	0,05 a b (0,01)	0,09 a (0,03)
<i>Tapirira guianensis</i>	10,86 a b (2,16)	0,36 a (0,14)	1,96 b c (0,28)	12,53 b (1,22)	2,32 c (0,18)	0,04 a (0,01)	0,09 a (0,04)
<i>Myrcia racemosa</i>	12,51 b (1,47)	0,49 b (0,07)	2,15 c (0,35)	16,89 c (0,99)	2,97 d (0,39)	0,05 a b (0,01)	0,15 b (0,05)

* Valores em colunas seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Fischer's protected LSD ao nível de 5%.

** (Desvio padrão)

Na fase inicial, *Pera glabrata* apresentou os maiores teores para a maioria dos nutrientes, a não ser para o Al, cuja maior concentração foi observada para *Ternstroemia brasiliensis*. Na fase intermediária os maiores teores de N e P ocorreram para *Ilex theezans* e *Ocotea pulchella*; os maiores teores de K para *Ilex theezans* e *Clusia criuva*; esta última apresentando também os maiores teores de Ca. A *Ilex theezans* apresentou os maiores teores de Mg e Na, e a *Ternstroemia brasiliensis* apresentou os maiores valores de Al. Para a fase

avançada, *Myrcia racemosa* apresentou os maiores teores para a maioria dos nutrientes; *Tapirira guianensis* apresentou o maior teor de N; e *Ocotea pulchella*, os maiores teores de Al. Os teores de Na variaram pouco entre as espécies na fase avançada.

A seqüência predominante para a maioria das espécies foi a seguinte: N>Ca>Mg>K>Al e P>Na, a qual assemelha-se as seqüências constatadas em diversos estudos realizados em florestas tropicais (PAGANO, 1985; GABRIEL, 1996; BRITZ, 1994; MORAES, 1993, PORTES, 2000). Nota-se que para algumas espécies, o Ca teve o primeiro lugar na concentração seguido pelo nitrogênio, sendo esta seqüência também verificada no estudo realizado por MORAES (1993).

PORTES (2000), em estudo realizado em Floresta Ombrófila Densa Altomontana, verificou para a fração folhas da serapilheira os seguintes teores de nutrientes: 12 – 16,7 g/kg de N; 0,6 – 1,1g/kg de P; 2,6 – 4,0 g/kg de K; 11,5 – 17,8 g/kg de Ca; e 1,6 – 3,0 g/kg de Mg. No presente trabalho, os teores de N e K, para algumas espécies estão abaixo dos valores encontrados por esta autora. Isto reflete, em parte, a baixa disponibilidade destes nutrientes no solo, mas também, como mostrado no item 4.6, a eficiência das plantas na mobilização destes nutrientes para as folhas em formação.

No que diz respeito à evolução da sucessão, observa-se para a maioria das espécies que ocorreu uma tendência de aumento nos teores de N e K, fato associado às características morfológicas das folhas, condições do solo e microclima. À medida que a sucessão evolui, as folhas apresentam menor esclerofilia e os horizontes orgânicos tornam-se mais espessos favorecendo o estoque de água e nutrientes. O microclima torna-se mais úmido, o que favorece a decomposição do material orgânico e o reaproveitamento dos nutrientes pelas plantas. Já os teores de Na e Al diminuíram consideravelmente à medida que a sucessão evolui, sendo que os demais nutrientes não apresentaram uma tendência clara ao longo da sucessão.

A TABELA 07 demonstra os teores de micronutrientes na serapilheira das espécies nas três fases sucessionais.

TABELA 07 - TEORES MÉDIOS DE MICRONUTRIENTES NA SERAPILHEIRA PARA AS ESPÉCIES SELECIONADAS NAS TRÊS FASES SUCESSIONAIS

FASES	Mn	Fe	Zn	Cu
mg/kg				
INICIAL				
<i>Ilex theezans</i>	2742,03 b (839,62)	77,31 a (21,77)	29,11 b (5,27)	5,56 a (0,78)
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	38,92 a (15,76)	81,12 a (14,01)	8,84 a (1,57)	4,85 a (1,34)
<i>Pera glabrata</i>	438,42 a (48,99)	142,33 b (35,49)	39,22 c (5,67)	22,39 b (3,45)
INTERMEDIÁRIA				
<i>Ilex theezans</i>	407,4 b (643,94)	81,01 a (17,45)	18,97 c (2,58)	8,13 a (0,90)
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	35,64 a (12,39)	71,59 a (17,23)	9,98 a (1,53)	6,56 a (1,51)
<i>Ocotea pulchella</i>	153,65 a (30,21)	90,30 a (21,38)	14,41 b (2,99)	6,13 a (1,67)
<i>Clusia criuva</i>	2069,86 c (33,17)	75,70 a (113,19)	28,08 d (2,79)	6,84 a (2,26)
<i>Rapanea venosa</i>	135,14 a (20,15)	87,25 a (21,28)	11,98 ab (1,73)	7,27 a (2,21)
<i>Gomidesia fenzliana</i>	157,29 a (25,79)	96,90 a (18,38)	11,42 a (1,81)	13,13 b (2,54)
AVANÇADA				
<i>Ocotea pulchella</i>	177,94 b (37,47)	82,85 ab (10,26)	13,97 a (3,41)	5,84 a (2,19)
<i>Ocotea aciphylla</i>	232,01 b (43,29)	80,03 ab (13,98)	19,51 b (1,90)	5,98 a (2,00)
<i>Tapirira guianensis</i>	102,29 a (50,07)	84,39 b (20,14)	15,68 a (1,49)	5,70 a (1,97)
<i>Myrcia racemosa</i>	378,57 c (104,86)	111,53 c (27,23)	15,59 a (2,49)	5,99 a (1,63)

* Valores em colunas seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Fischer's protected LSD ao nível de 5% .

** (Desvio padrão)

Em relação aos micronutrientes, na fase inicial *Ilex theezans* apresenta o maior teor de Mn, e *Pera glabrata* os maiores teores dos demais nutrientes. Na fase intermediária, nota-se que para Mn e Zn os maiores valores ocorreram para *Clusia criuva*, e que para Cu os maiores valores apareceram para *Gomidezia fenzliana*. Na fase avançada observa-se que, para Mn, e Cu a espécie que apresentou o maior valor foi *Myrcia racemosa*, e para o Zn o maior valor foi para *Ocotea aciphylla*.

A seqüência de micronutrientes predominante para a maioria da espécies é a seguinte: Mn>Fe>Zn>Cu, a qual segue a tendência verificada por MORAES (1993).

Os valores médios de micronutrientes verificados para a maioria das espécies estão na faixa dos valores encontrados por BRITZ (1994) e MORAES (1993) em ecossistema de restinga, exceto os valores da *Pera glabrata* que encontram-se acima da média.

Os APÊNDICES 03 ao 13 demonstram a variação da concentração dos nutrientes ao longo das estações durante os dois anos de estudo. Observou-se que alguns nutrientes apresentaram-se constantes no decorrer das estações, enquanto outros apresentaram oscilações, ora suaves, ora com picos de concentração bem evidentes.

Conforme os estudos realizados por PAGANO (1985), CARPANEZZI (1980) e GABRIEL (1996) o K é um nutriente que apresenta oscilações no decorrer das estações. No presente estudo, as maiores concentrações de K ocorreram no outono e inverno, concordando com o resultado encontrado por GABRIEL (1996), que encontrou a maior concentração no mês de agosto.

PAGANO (1985) observou que, após a chuva elementos como K, Mg, S e B apresentaram concentração menor, evidenciando o papel da precipitação na liberação desses nutrientes, diminuindo, portanto, o tempo de permanência dos mesmos no folheto.

O sódio, semelhante ao K, apresentou pico de concentração no outono e no inverno. Este comportamento durante estas estações com baixa precipitação, concorda com as propriedades destes elementos, os quais são facilmente lixiviáveis pela chuva. Este fato corrobora com os resultados obtidos por ARENS (1936)⁴, citado por PAGANO (1985), que correlacionou a precipitação pluviométrica e análise foliar, verificando que o conteúdo mineral das folhas variava de acordo com a estação, sendo maior em épocas secas e menor nos períodos chuvosos.

Os elementos Ca, Mg, Zn e Cu permaneceram praticamente constantes ao longo das estações, e o N sofreu pequenas oscilações as quais não seguiram um padrão durante o período de estudo.

O P apresentou maior concentração para a maioria das espécies no outono de 1999, quando ocorreu um elevado índice de pluviosidade no início da estação, e também uma acentuada queda na primavera do mesmo ano.

⁴ ARENS, K. Kann man in allen Fällen aus den Ergebnissen der Aschenanalyse Schlüsse auf Lebens. Jarhb. Wiss. Bot. 82: 453-465. 1936.

O Mn manteve-se constante para a maioria das espécies das fases inicial e intermediária, com exceção da *Ilex theezans*, que apresentou um pico de concentração no verão de 1998/1999. Esta espécie também apresentou uma concentração de Mn bem maior na fase inicial do que na fase intermediária. Para a fase avançada, a maioria das espécies apresentaram uma queda acentuada na concentração deste nutriente durante outono de 1999.

Esta sazonalidade observada para a maioria dos nutrientes parece estar associada principalmente a fatores como as variações meteorológicas e aspectos fisiológicos de cada espécie.

4.4 Composição química das folhas maduras

A TABELA 08 apresenta os teores de nutrientes nas folhas maduras das espécies selecionadas nas três fases sucessionais.

TABELA 08 - TEORES DE NUTRIENTES NAS FOLHAS MADURAS DAS ESPÉCIES NAS TRÊS FASES SUCESSIONAIS

FASE	MACRONUTRIENTES, Na E Al (g/kg)							MICRONUTRIENTES (mg/kg)			
	N	P	K	Ca	Mg	Na	Al	Fe	Mn	Cu	Zn
INICIAL											
<i>Ilex theezans</i>	10,52	0,44	2,88	8,06	4,08	0,24	0,20	45	418	5	18
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	9,97	0,39	2,45	9,45	3,28	0,17	0,98	46	9	3	5
<i>Pera glabrata</i>	18,29	0,94	4,25	8,48	3,89	0,17	0,02	58	79	3	9
INTERMEDIÁRIA											
<i>Ilex theezans</i>	12,16	0,55	3,98	6,29	3,89	0,22	0,18	46	294	4	20
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	9,31	0,34	4,07	6,70	3,50	0,21	0,90	58	38	4	7
<i>Ocotea pulchella</i>	14,79	0,72	3,72	3,97	1,09	0,22	0,18	60	40	5	11
<i>Clusia crúva</i>	10,52	0,40	3,55	15,27	3,29	0,12	0,02	47	296	3	21
<i>Rapanea venosa</i>	20,48	0,56	6,06	4,99	1,89	0,28	0,01	40	39	5	7
<i>Gomidesia fenzliana</i>	10,08	0,59	5,16	4,88	2,09	0,18	0,05	52	92	9	7
AVANÇADA											
<i>Ocotea pulchella</i>	15,32	0,59	4,80	11,00	0,70	0,37	0,15	306	56	11	10
<i>Ocotea aciphilla</i>	15,66	0,50	6,11	5,29	1,60	0,04	0,01	48	194	4	9
<i>Tapirira guianensis</i>	16,32	0,80	6,06	12,46	3,19	0,06	0,01	51	40	4	12
<i>Myrcia racemosa</i>	13,80	0,50	3,61	12,99	3,50	0,05	0,05	66	275	4	8

Na fase inicial, *Pera glabrata* apresentou os maiores teores para N, P e K. *Ilex theezans* foi a espécie com maior teor de Na. Em relação aos micronutrientes, notam-se valores mais elevados de Mn e Zn para *Ilex theezans*. *Ternstroemia brasiliensis* apresentou as maiores concentrações de Al. Os teores de Ca, Mg, Fe e Cu não diferenciaram muito entre as espécies.

Para a fase intermediária, as espécies que mais destacaram-se em relação aos teores de macronutrientes foram *Ocotea pulchella*, que apresentou elevados valores de N e P; *Rapanea venosa* que apresentou os maiores valores de N, K e Na e *Clusia criuva* que apresentou o maior teor de Ca. Em relação aos micronutrientes, como na fase inicial, novamente *Ilex theezans* apresentou os mais elevados valores de Mn e Zn, e *Ternstroemia brasiliensis* o mais elevado valor de Al. Nesta fase sucessional *Clusia criuva* foi outra espécie que apresentou elevados teores de Mn e Zn.

Na fase avançada *Tapirira guianensis* apresentou os maiores teores para N e P. *Ocotea aciphylla* e *Tapirira guianensis* apresentaram os maiores valores de K. *Myrcia racemosa* e *Tapirira guianensis* apresentaram os maiores valores de Ca e Mg. Em relação aos micronutrientes, a *Myrcia racemosa* destaca-se pelo maior teor de Mn, e a *Ocotea pulchella* pelo maior teor de Na.

De maneira geral, a ordem decrescente dos teores de macronutrientes nos tecidos foliares foi a seguinte: N>Ca>K>Mg>P>Na>Al. Em relação aos micronutrientes a ordem decrescente dos teores foi a seguinte: Mn>Fe>Zn>Cu.

Na fase avançada, nota-se que o Na é um nutriente que apresenta teores bastante inferiores aos encontrados para as espécies das outras fases, com exceção da *Ocotea pulchella*. Outro nutriente que manifestou-se com menores concentrações nesta fase foi o Al, variando entre 10 a 50 mg/kg, sendo que nas fases inicial e intermediária variou de 20 a 975 mg/kg e de 10 a 900 mg/kg, respectivamente. Inversamente, ao longo do gradiente sucessional, os teores de N, K e Ca tenderam a aumentar, fato também constatado por BOEGER (2000), que o relacionou com a diminuição da esclerofilia à medida que a sucessão evolui.

Os valores dos teores de macronutrientes encontrados neste estudo, para a maioria das espécies, estão dentro da faixa de valores verificados por BOEGER (2000) e BRITEZ (1994). Nos casos de P e Ca, estes apresentaram-se acima do valores já verificados para a maioria das espécies estudadas pelos referidos autores. Em relação aos micronutrientes, os valores também concordam com os obtidos por BRITEZ (1994), que também encontrou elevados teores de Mn para *Ilex theezans* e *Clusia criuva*, e de Al para *Ternstroemia brasiliensis*.

Segundo SILVA & MORAES (1986), a composição nutricional da folha deve estar relacionada a muitos fenômenos fisiológicos como por exemplo a floração. Além disso, o clima é um fator que deve desempenhar um papel importante na ciclagem de nutrientes numa cobertura vegetal, uma vez que muitos processos fisiológicos nas plantas, como por exemplo a absorção da água, são altamente influenciados pelas alterações climáticas.

4.5 Soluções lixiviadas por pulverização e por imersão

4.5.1 Valores de pH

A TABELA 09 demonstra os valores de pH das soluções lixiviadas por pulverização e por imersão do material em água deionizada das espécies selecionadas nas diferentes fases sucessionais.

Observa-se que ocorreu uma diferença significativa entre o pH da solução lixiviada por imersão e o pH da solução lixiviada por pulverização. Isto deve-se ao fato de que a interação da água com o material vegetal pela solução de imersão foi bem mais intensa do que pelo processo de lixiviação por pulverização.

O valor do pH da água deionizada utilizada foi de 5,8. A solução de imersão possivelmente arrastou em sua composição substâncias como óleos e ácidos orgânicos que interferiram no valor do pH, promovendo a sua diminuição. Contrariamente, os valores de pH obtidos na solução de lixiviação por pulverização indicam a lavagem de substâncias que contribuíram para a alcalinização, sendo que tais substâncias são em grande parte trazidas pelos aerossóis marinhos, depositando-se nas superfícies das folhas.

Entre as espécies não ocorreram diferenças expressivas de pH. Ao comparar a solução de imersão dos ramos com a solução de imersão das folhas também não foram observadas diferenças. Na solução lixiviada pelas folhas, observa-se, entretanto, uma tendência de aumento dos valores de pH da fase inicial para a fase avançada da sucessão.

Os resultados encontrados assemelham-se aos reportados por MARQUES *et al.* (1998), que verificaram valores variando de 5,38 e 5,49 para a lixiviação por solução de imersão e entre 6,37 a 6,65 para a lixiviação por pulverização. GAMA-RODRIGUES *et al.* (1999) encontraram valores para a lixiviação por solução de imersão variando entre 6,4 e 7,2.

TABELA 09 – VALORES MÉDIOS DE PH DAS SOLUÇÕES LIXIVIADAS POR PULVERIZAÇÃO E POR IMERSÃO DAS ESPÉCIES NAS DIFERENTES FASES SUCESSIONAIS

FASE INICIAL		FASE INTERMEDIÁRIA		FASE AVANÇADA	
Espécies	pH	Espécies	PH	Espécies	PH
Solução lixiviada por pulverização das folhas verdes					
<i>Ilex theezans</i>	6,38	<i>Ilex theezans</i>	6,70	<i>Ocotea aciphylla</i>	6,72
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	6,40	<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	6,64	<i>Ocotea pulchella</i>	6,76
<i>Pera glabrata</i>	6,48	<i>Ocotea pulchella</i>	6,78	<i>Tapirira guianensis</i>	6,76
		<i>Clusia criuva</i>	6,26	<i>Myrcia racemosa</i>	6,72
		<i>Rapanea venosa</i>	6,58		
		<i>Gomidesia fenzliana</i>	6,52		
Solução lixiviada por imersão dos ramos					
<i>Ilex theezans</i>	5,40	<i>Ilex theezans</i>	5,30	<i>Ocotea aciphylla</i>	5,60
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	5,20	<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	5,25	<i>Ocotea pulchella</i>	5,35
<i>Pera glabrata</i>	6,00	<i>Ocotea pulchella</i>	5,60	<i>Tapirira guianensis</i>	5,60
		<i>Clusia criuva</i>	5,30	<i>Myrcia racemosa</i>	5,60
		<i>Rapanea venosa</i>	5,25		
		<i>Gomidesia fenzliana</i>	5,30		
Solução lixiviada por imersão das folhas verdes					
<i>Ilex theezans</i>	5,15	<i>Ilex theezans</i>	5,25	<i>Ocotea aciphylla</i>	5,60
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	5,25	<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	5,40	<i>Ocotea pulchella</i>	5,45
<i>Pera glabrata</i>	5,55	<i>Ocotea pulchella</i>	5,50	<i>Tapirira guianensis</i>	5,90
		<i>Clusia criuva</i>	5,25	<i>Myrcia racemosa</i>	5,15
		<i>Rapanea venosa</i>	5,80		
		<i>Gomidesia fenzliana</i>	5,35		
Média da solução lixiviada por pulverização das folhas verdes:					6,59 b*
					(0,193)**
Média da solução lixiviada por imersão considerando folhas e ramos:					5,45 a
					(0,259)

* Valores em colunas seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Fischer's Protected LSD ao nível de 5% .

** (Desvio padrão)

Segundo SANTOS *et al.* (1981), as variações do valor de pH em soluções de lixiviação para diferentes espécies vegetais dentro do ecossistema, pressupõem a hipótese de que existem variações consideráveis das micro populações no pálio florestal, as quais promovem um contínuo trabalho de desdobramento das substâncias excretadas pela vegetação e/ou introduzidas por outros organismos.

4.5.2 Nutrientes extraídos por pulverização das folhas verdes

Através da TABELA 10 podem ser observadas as quantidades de nutrientes liberadas das folhas verdes por lixiviação por pulverização.

TABELA 10 – QUANTIDADES DE NUTRIENTES LIBERADOS DAS FOLHAS VERDES ATRAVÉS DA LIXIVIAÇÃO POR PULVERIZAÇÃO

FASE	N-NO ₃	P	K	Ca	Mg	Na
INICIAL						
<i>Ilex theezans</i>	0,57 b* (0,17)**	0,23 b (0,04)	5,16 b (1,10)	1,38 a (0,22)	0,43 a (0,11)	0,63 b (0,15)
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	0,45 b (0,18)	0,11 a (0,08)	1,67 a (1,02)	1,46 a (0,68)	0,48 a (0,19)	0,10 a (0,22)
<i>Pera glabrata</i>	0,16 a (0,63)	0,17 ab (0,12)	6,22 b (3,44)	3,01 b (1,41)	0,84 b (0,09)	0,06 a (0,14)
INTERMEDIARIA						
<i>Ilex theezans</i>	0,19a (0,16)	0,10 ab (0,03)	3,27 a (1,40)	1,68 b (0,20)	0,56 b (0,07)	0,61 a (0,43)
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	0,50ab (0,65)	0,13 abc (0,07)	5,29 ab (1,78)	1,28 ab (0,10)	0,56 b (0,14)	1,56 b (0,48)
<i>Ocotea pulchella</i>	0,78ab (0,32)	0,08a (0,05)	3,77 a (0,53)	1,03 a (0,24)	0,40 a (0,08)	0,96 a (0,18)
<i>Clusia criuva</i>	0,46ab (0,10)	0,21c (0,07)	8,82 b (1,53)	1,64 b (0,67)	0,60 b (0,13)	1,41 b (0,31)
<i>Rapanea venosa</i>	0,99b (1,07)	0,18bc (0,10)	8,64 b (1,69)	0,88 a (0,15)	0,57 b (0,17)	1,31 b (0,34)
<i>Gomidesia fenziiana</i>	0,27a (0,14)	0,13 ^{bc} (0,06)	6,51 ^b (5,88)	0,84 a (0,33)	0,35 a (0,07)	0,78 a (0,38)
AVANÇADA						
<i>Ocotea aciphylla</i>	0,91ab (0,23)	0,14a (0,08)	8,71a (2,44)	2,06 ^a (3,35)	0,48a (0,14)	1,14 a (0,31)
<i>Tapirira guianensis</i>	0,46a (0,53)	0,16a (0,10)	12,95ab (5,25)	1,77 ^a (0,25)	0,89b (0,18)	2,15 a (0,86)
<i>Myrcia racemosa</i>	0,98ab (0,36)	0,23a (0,14)	16,57b (4,88)	2,41 a (2,38)	0,67ab (0,39)	2,56 a (1,36)
<i>Ocotea pulchella</i>	1,37b (0,61)	0,14a (0,20)	13,720ab (4,05)	2,30 ^a (0,85)	0,72ab (0,24)	4,08 b (1,65)

* Valores em colunas seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Fischer's Protected LSD ao nível de 5%.

** (Desvio padrão)

Na solução lixiviada das folhas verdes, para todas as espécies, nota-se que o nutriente liberado em maiores quantidades foi o K. Segundo MENGEL & KIRKBY (1982), o K é um dos nutrientes mais facilmente lixiviados das copas das árvores, por encontrar-se “livre”, em forma solúvel, dentro da planta, não fazendo parte de nenhum composto orgânico. Para JACOB & WEXKULL (1961)⁵, citado por PAGANO (1985), o K aparentemente não participa de qualquer composto orgânico celular, ocorrendo na forma solúvel no suco celular, podendo ser mais facilmente lixiviado dos tecidos vegetais, através da água. Já para o Mg, estes autores relatam que este elemento apesar de ser um dos constituintes da clorofila, da

⁵ JACOB, A. & UEXKÜLL, H. V. Fertilización: nutrición y abonado de los cultivos tropicales e subtropicales. Países Bajos, 625. 1961

pectina e da fitina, encontra-se, como o K, em grande parte dissolvido no suco celular. SPURR & BARNES (1982), relatam que os nutrientes mais facilmente removidos pela lavagem foliar incluem K, Na, Ca e Mg.

Os teores de Al revelaram-se muito baixos, não apresentando leitura no equipamento analítico. As quantidades de fósforo lixiviadas também foram muito baixas para todas as espécies. A ordem de liberação de nutrientes predominante para a maioria das espécies foi a seguinte: $K > Ca > Na$ e $Mg > N-NO_3 > P$.

Segundo LIMA (1986), geralmente os nutrientes associados às moléculas orgânicas (N e P) são menos lixiviados, sendo mais reciclados através da decomposição das folhas.

Na fase inicial *Ilex theezans* foi a espécie que liberou as maiores quantidades de Na, P, e *Pera glabrata* Mg e Ca. O $N-NO_3$ apresentou as maiores quantidades liberadas para *Ilex theezans* e *Ternstroemia brasiliensis*, e o K as maiores quantidades para *Ilex theezans* e *Pera glabrata*. Na fase intermediária, *Clusia criuva* foi a espécie com maior liberação para todos os nutrientes, exceto $N-NO_3$, o qual foi mais liberado pela *Rapanea venosa* seguida da *Ocotea pulchella*. *Ternstroemia brasiliensis*, *Clusia criuva* e *Rapanea venosa* também liberaram quantidades expressivas de Na. Na fase avançada, *Ocotea pulchella* e *Myrcia racemosa* foram as espécies que mais se destacaram, apresentando, para a maioria dos nutrientes, as maiores quantidades de nutrientes extraídos por lixiviação. No caso do Mg, o maior valor foi encontrado para *Ocotea aciphylla*.

O comportamento de algumas espécies em relação aos nutrientes liberados concorda com os resultados de DICKOW (2000). Esta autora, ao realizar a lixiviação da serapilheira das mesmas espécies do presente estudo, também observou que na fase inicial Mg, Ca e K foram liberados em maiores quantidades pela *Pera glabrata*, e na fase avançada a *Myrcia racemosa* foi a espécie que liberou as maiores quantidades de nutrientes.

Ao comparar o trabalho de DICKOW (2000), com o presente estudo, verifica-se que a lixiviação da serapilheira apresentou quantidades maiores de nutrientes do que a lixiviação das folhas verdes. Tal fato ocorre por causa da degradação do material vegetal que é mais acentuada na serapilheira, favorecendo a maior liberação de nutrientes.

Considerando as três fases sucessionais, observa-se uma tendência de aumento na disponibilização de nutrientes ao longo do gradiente sucessional para a maioria das espécies, principalmente para Na, K e $N-NO_3$. Para *Ilex theezans*, que ocorre tanto na fase inicial como

na intermediária, os elementos P, K, N-NO₃ foram liberados em maiores quantidades na fase inicial, enquanto que para o Ca e Mg o comportamento foi o inverso. Já no caso da *Ternstroemia brasiliensis*, que também ocorre nas fases inicial e intermediária, K e Na, foram liberados em quantidades bem superiores na fase intermediária. *Ocotea pulchella* que ocorre nas fases intermediária e avançada, apresentou diferenças significativas para K, Na, Ca e Mg, sendo que na fase avançada maiores quantidades destes elementos foram liberadas.

Esta tendência de aumento na disponibilização de nutrientes ao longo do gradiente sucessional, pode estar relacionado à características morfológicas da folha, que em estágio avançado são mais favoráveis a liberação de nutrientes. BOEGER (2000) observou que em estágio inicial as folhas são mais coriáceas e espessas, apresentando maior abundância de tecido esclerenquimático e valor médio de área foliar menor. Já no estágio avançado, as folhas das espécies apresentam-se mais finas, com maior área foliar, menor incidência de espécies com camada sub-epidérmica, esclerênquima e textura coriácea.

Conforme BERHARD-REVERSAT (1975)⁶, citado por MARSCHNER (1986), nas florestas tropicais úmidas, o acúmulo dos elementos minerais lixiviados do dossel expressam quantidades de magnitude elevada, com valores expressos em kg/ha de: 100 a 200 de K; 12 - 60 de N; 18 - 45 Mg; 25-29 de Ca; e 4 - 10 de P.

EATON *et al.* (1973), salienta que a quantidade de nutrientes lixiviados das copas das árvores pelas chuvas é maior nos trópicos do que em climas temperados.

4.5.3 Nutrientes extraídos por imersão das folhas verdes

A TABELA 11 demonstra as quantidades de nutrientes na solução de imersão das folhas verdes.

As quantidades de nutrientes extraídos pela solução de imersão das folhas verdes apresentaram-se maiores que as da solução de lixiviação, como já era esperado, e a ordem na seqüência de nutrientes para a maioria das espécies foi a mesma encontrada na lixiviação: K>Ca>Na e Mg >N-NO₃>P>Al.

MARQUES *et al.* (1998), ao utilizar a solução de imersão por períodos de 2 e 15 horas, constataram, no período mais longo, uma maior liberação de nutrientes.

Na fase inicial, a espécie que disponibilizou as maiores quantidades, para a maioria

⁶ BERHARD-REVERSAT, F. , 1975. Nutrients in trough fall and their quantitative importance in rain forest mineral cycle. Ecol. Stud. 11, 153 -159.

dos nutrientes, foi a *Pera glabrata*. Na fase Intermediária, *Ocotea pulchella* apresentou os maiores valores para Na, K e N-NO₃; *Gomidesia fenzliana* apresentou os maiores valores para Ca e *Clusia criuva* apresentou os maiores valores para Mg. Na fase avançada, a *Myrcia racemosa* foi a espécie que apresentou a maior liberação de Ca e Mg; *Ocotea pulchella*, os maiores valores de Na; *Tapirira guianensis* e *Myrcia racemosa* as maiores quantidades de K.

As espécies *Ilex theezans* e *Ternstroemia brasiliensis*, que também ocorrem na fase inicial, apresentaram um aumento na liberação de maior parte dos nutrientes, exceto para Mg e Ca, na fase intermediária.

TABELA 11 – QUANTIDADES DE NUTRIENTES NA SOLUÇÃO DE IMERSÃO DAS FOLHAS VERDES

FASE	N-NO ₃	P	K	Ca	Mg	Na
mg/kg						
INICIAL						
<i>Ilex theezans</i>	0,251 a* (0,35)**	0,44 a (0,05)	17,57 a (3,06)	34,32 b (2,02)	10,98 a (0,02)	1,76 a (0,92)
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	1,81 a (0,12)	0,57 a (0,72)	31,06 ab (1,79)	28,34 a (2,03)	10,49 a (0,21)	6,81 b (0,96)
<i>Pera glabrata</i>	2,71 a (3,12)	0,63 a (0,01)	52,39 b (18,15)	51,35 c (1,66)	20,44 b (2,41)	6,86 b (2,01)
INTERMEDIÁRIA						
<i>Ilex theezans</i>	0,93 a (1,05)	0,55 a (0,22)	33,71 a (6,80)	31,88 a (2,07)	10,63 a (0,69)	4,41 a (1,20)
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	3,23 a (2,39)	0,94 a (0,14)	91,26 ab (10,03)	26,29 a (0,75)	10,96 a (0,31)	18,30 b (0,59)
<i>Ocotea pulchella</i>	34,96 b (8,50)	0,82 a (0,27)	206,10 c (72,89)	36,61 a (1,18)	14,64 bc (0,47)	33,05 c (7,48)
<i>Clusia criuva</i>	2,03 a (0,56)	0,79 a (0,25)	20,19 a (18,48)	54,51 ab (7,83)	18,14 d (0,47)	1,48 a (2,09)
<i>Rapanea venosa</i>	1,66 a (0,17)	0,87 a (0,04)	56,48 ab (23,04)	50,32 ab (6,03)	17,47 cd (1,03)	2,47 a (1,14)
<i>Gomidesia fenzliana</i>	1,15 a (1,62)	0,52 a (0,03)	137,61 bc (20,99)	67,21 b (28,28)	13,98 ab (0,84)	8,96 a (2,31)
FASE AVANÇADA						
<i>Ocotea aciphylla</i>	8,74 a (3,05)	0,88 a (0,34)	109,36 a (32,81)	66,88 b (7,55)	20,24 a (1,42)	3,27 a (1,14)
<i>Tapirira guianensis</i>	0,08 a (0,12)	0,69 a (0,15)	559,15 c (109,06)	131,10 c (8,26)	40,70 a (4,41)	3,57 a (1,32)
<i>Myrcia racemosa</i>	10,20 a (5,28)	3,12 a (2,15)	550,78 c (0,13)	341,29 d (26,83)	244,26 b (13,93)	17,94 b (0,83)
<i>Ocotea pulchella</i>	14,93 a (10,90)	0,88 a (0,34)	300,75 b (42,49)	14,45 a (8,70)	44,45 a (17,79)	45,40 c (7,64)

* Valores em colunas seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Fischer's protected LSD, ao nível de 5%.

** (Desvio padrão)

Nota-se, de uma forma geral, para as espécies que estão em fases sucessionais distintas, que a liberação de nutrientes tende a aumentar com a evolução da sucessão vegetal. Isto poderia estar ligado com a diminuição da escleromorfia, como observado por BOEGER (2000), nas fases sucessionais mais avançadas, o que facilitaria a liberação de nutrientes por imersão.

Os valores de teores de nutrientes, principalmente os da fase avançada, deste estudo estão na faixa dos valores encontrados por GAMA-RODRIGUES (1999). Para K o autor encontrou valores variando entre 144 e 2047 mg/kg para espécies em plantios puros e 287 em erapilheira de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas. Para o P o autor encontrou o menor valor na floresta igual a 1,22 mg/kg, e o maior valor, de 16,06 mg/kg, para o plantio puro. O Ca variou entre 21 e 327 mg/kg no plantio puro e na Floresta apresentou 87 mg/kg. O Mg no plantio puro variou entre 39 e 328, sendo que na floresta foi observado um teor de 84 mg/kg.

Para o Al, todas as espécies apresentaram valores muito baixos, concordando com o estudo realizado por MARQUES *et al.* (1998) que ao utilizar a metodologia da solução de imersão para avaliação dos teores de nutrientes liberados da serapilheira na Floresta do Palmito, observou que os elementos Al, Cu, Fe, Mn e Zn, apresentaram concentrações muito baixas na solução.

Segundo EATON *et al.* (1973), o Ca e o Mg são elementos que podem ser liberados das partes internas das plantas mas também podem ser simplesmente lavados quando presentes sobre as folhas na forma de sais marinhos.

Conforme HANSEN (1994), o Na é um elemento caracteristicamente de origem atmosférica. MARQUES *et al.* (1998) observaram que as maiores concentrações deste elemento ocorreram para a fase sucessional intermediária, sugerindo uma maior capacidade de captura deste nutriente por parte da vegetação presente neste sítio.

SILVA & MORAES (1986), utilizando a metodologia da solução de imersão para algumas espécies do cerrado, perceberam que de um modo geral os macronutrientes liberados em maior porcentagem foram K, Ca e P.

4.5.4 Nutrientes extraídos por imersão dos ramos

A TABELA 12 apresenta os teores de nutrientes liberados pelos ramos das espécies na solução de imersão.

TABELA 12 – QUANTIDADE DE NUTRIENTES NA SOLUÇÃO DE IMERSÃO DOS RAMOS

FASE	N-NO ₃	K	P	Ca	Mg	Na
mg/kg						
INICIAL						
<i>Ilex theezans</i>	1,39 a* (1,97)**	233,27 ab (1,78)	5,66 a (7,18)	454,29 b (177,82)	57,29 a (2,39)	27,93 a (1,68)
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	5,72 a (2,79)	175,73 a (6,99)	0,20 a (0,01)	91,35 a (31,40)	31,96 a (12,61)	22,89 a (2,04)
<i>Pera glabrata</i>	21,90 b (1,46)	435,57 b (163,86)	0,27 ^a (0,09)	107,88 ab (11,27)	75,72 a (23,97)	57,57 b (13,60)
INTERMEDIÁRIA						
<i>Ilex theezans</i>	1,36 a (1,92)	280,63 ab (52,35)	0,26 a (0,11)	83,20 a (38,710)	32,77 a (17,63)	27,87 b (3,23)
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	9,33 ab (5,77)	498,36 d (14,55)	0,35 a (0,18)	174,81cd (24,74)	46,15 a (0,37)	47,21 d (0,76)
<i>Ocotea pulchella</i>	38,39 c (19,19)	420,66 cd (30,25)	1,14 b (0,98)	94,61 ab (31,49)	26,45 a (4,83)	40,17 cd (10,77)
<i>Clusia criuva</i>	26,37 bc (3,84)	234,85 a (41,33)	0,67 a (0,17)	172,24 bcd (59,32)	38,79 a (5,72)	8,64 a (2,52)
<i>Rapanea venosa</i>	0,96 a (1,36)	234,84 a (1,25)	0,47 a (0,13)	202,29 d (20,97)	76,39 b (12,59)	6,43 a (2,30)
<i>Gomidesia fenzliana</i>	6,32 ab (0,23)	364,08 bc (71,28)	0,27 a (0,11)	100,31 abc (7,11)	35,37 a (7,91)	28,81 bc (0,35)
AVANÇADA						
<i>Ocotea aciphylla</i>	14,76 a (4,39)	645,14 a (126,68)	7,77 b (1,92)	124,81 b (4,10)	32,22 a (0,41)	15,80 a (1,56)
<i>Tapirira guianensis</i>	4,02 a (2,10)	426,51a (85,00)	2,29 a (2,93)	121,27 ab (9,72)	55,44 a (12,22)	7,35 a (3,14)
<i>Ocotea pulchella</i>	27,74 a (33,96)	300,35 a (25,10)	0,94 a (0,12)	44,45 a (27,50)	38,68 a (6,80)	21,35 a (0,07)
<i>Myrcia racemosa</i>	16,22 a (3,01)	2200,38 b (390,89)	1,09 a (0,08)	285,70 c (47,47)	363,06b (211,73)	95,30 b (16,28)

* Valores em colunas seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Fischer's protected LSD ao nível de 5%.

** (Desvio padrão)

Ao comparar as quantidades de nutrientes na solução de imersão das folhas com a solução de imersão dos ramos, nota-se que para K, Na, Ca, e N-NO₃ ocorreram diferenças significativas, apresentando os maiores valores na solução dos ramos.

Na fase inicial, a *Pera glabrata* apresentou os maiores valores de Na, K, Mg, N-NO₃ e a *Ilex theezans* apresentou os maiores valores para Ca e P. Na fase intermediária a *Ternstroemia brasiliensis* apresentou as maiores liberações para Na e K; a *Rapanea venosa* para Mg e Ca; e a *Ocotea pulchella* para N-NO₃, P e Na. Na fase avançada, a *Myrcia racemosa* apresentou os maiores valores para a maioria dos nutrientes. A ordem predominante na sequência de nutrientes é a mesma já verificada para solução lixiviada e solução de imersão das folhas: K>Ca>Na e Mg> N-NO₃ >P>Al.

4.6 Mobilização

A TABELA 13 demonstra as quantidades de nutrientes mobilizados internamente nos tecido foliares.

TABELA 13 - NUTRIENTES MOBILIZADOS PELAS ESPÉCIES DAS TRÊS FASES SUCESSIONAIS

FASES	N	P	K	Ca	Mg	Al	Na
g/kg							
INICIAL							
<i>Ilex theezans</i>	4,86	0,12	1,87	-3,76	-1,31	-0,26	0,08
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	4,38	0,05	1,21	-0,98	-0,23	-0,59	0,05
<i>Pera glabrata</i>	-2,09	-0,50	1,96	-11,36	-3,33	-0,21	-0,05
INTERMEDIÁRIA							
<i>Ilex theezans</i>	2,01	0,20	2,00	-1,36	0,14	-0,17	0,03
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	1,91	0,09	2,20	-1,30	-0,63	-0,41	0,04
<i>Ocotea pulchella</i>	5,00	0,32	2,33	-1,80	-0,71	-0,27	0,10
<i>Clusia criuva</i>	3,68	0,11	1,73	1,77	-0,02	-0,06	0,01
<i>Rapanea venosa</i>	12,36	0,33	4,66	-4,79	-0,59	-0,10	0,15
<i>Gomidezia fenzliana</i>	2,77	0,31	3,54	-1,71	-0,41	-0,08	0,06
AVANÇADA							
<i>Ocotea pulchella</i>	5,12	0,00	3,48	-4,56	-1,15	-0,19	0,26
<i>Ocotea aciphilla</i>	4,06	0,18	4,71	-2,28	-0,47	-0,08	-0,01
<i>Tapirira guianensis</i>	5,45	0,44	3,73	-0,20	0,83	-0,08	0,02
<i>Myrcia racemosa</i>	1,28	0,01	1,09	-4,24	0,29	-0,10	-0,01

A ordem decrescente predominante para os valores de mobilização dos nutrientes foi a seguinte: N>K>P>Na>Mg>Ca. Os valores negativos indicam a não mobilização do elemento, o que ocorreu principalmente para o Ca, Mg e Al. Segundo BELL & WARD (1984)⁷, citados por MAGALHÃES & BLUM (1999), a abicisão de folhas parece gerar perdas relativamente maiores de Ca para a planta e o ingresso de material com maiores concentrações na serapilheira. O cálcio faz parte do plasmalema e ocorre como componente estrutural dentro da parede celular; tem baixa mobilidade fisiológica e tende a uma liberação maior com a decomposição das folhas.

Nota-se que *Pera glabrata* apresentou valores negativos para a todos os nutrientes com exceção do K, sugerindo uma baixa mobilização de nutrientes por esta espécie. *Rapanea venosa* destacou-se pela maior quantidade de N mobilizada.

CALDEIRA *et al.* (1999), em estudo realizado com a espécie *Acacia mearnsii* verificaram que o N foi o elemento mais abundante tanto nas folhas recém maduras como no folheto, entretanto não foi o mais redistribuído, demonstrando a sua baixa capacidade de

retranslocação nesta espécie. Estes autores encontraram o seguinte gradiente de redistribuição dos nutrientes: $P > K > Mg > N > Ca$.

À medida que a sucessão evoluiu as quantidades mobilizadas aumentaram principalmente para N, P e K. Tal fato pode estar às características fisiológicas das plantas, associadas às condições de sítio e microclima. Nos estágios mais avançados, o crescimento dos vegetais (floração, frutificação, produção de biomassa) é mais intenso que nos estágios iniciais. Nesta fase, uma mobilização maior dos nutrientes, dos órgãos senescentes para os órgãos em desenvolvimento, seria necessária para suprir a demanda de nutrientes por estes órgãos.

5 CONCLUSÕES

A produção de serapilheira na Floresta Estadual do Palmito foi influenciada pelos períodos de precipitação. As espécies com os maiores valores de importância foram as que mais contribuíram na produção de serapilheira, sendo que *Ilex theezans* na fase inicial e intermediária, e *Tapirira guianensis* na fase avançada foram as espécies que mais participaram nesta produção. A produção de serapilheira também estava relacionada ao estágio de desenvolvimento da floresta, sendo maior a medida que a sucessão evoluiu.

O aumento dos teores de alguns nutrientes, como N e K da serapilheira, à medida que aumenta o gradiente sucessional, além de estar relacionado às características morfológicas das folhas, está associado ao acúmulo de serapilheira sobre o solo. Já a causa da diminuição de nutrientes, como o Na ao longo do gradiente sucessional, requer maiores investigações.

A variação nos teores de nutrientes na serapilheira, ao longo das estações, indica a influência de aspectos climáticos como a precipitação, principalmente no caso do Na e K, e da translocação dos nutrientes nos tecidos foliares, conforme às necessidades fisiológicas das plantas durante determinada estação climática.

A liberação de nutrientes através da lixiviação revelou-se como um processo importante para a entrada de nutrientes principalmente no caso do K e Ca. A lixiviação parece estar relacionada com a morfologia das folhas, apresentando um gradiente crescente com a diminuição da esclerofilia dos tecidos foliares, o que ocorre na fase mais avançada da sucessão. O microclima também interfere na liberação de nutrientes por lixiviação, sendo que em estágios avançados o ambiente é mais úmido e menos ventilado favorecendo portanto a atividade microbiana e degradação das folhas, que em alguns casos ocorre ainda na copa, antes da abscisão foliar.

Os valores de mobilização também aumentaram com a evolução da sucessão, indicando a maior eficiência das espécies dos estágios mais avançados no reaproveitamento de nutrientes para atender suas necessidades fisiológicas.

De forma geral, os resultados deste estudo demonstraram que a dinâmica de evolução da sucessão florestal está amplamente ligada ao processo de ciclagem de nutrientes. Ressalta-se que para o entendimento da variação dos nutrientes ao longo das estações climáticas é preciso maiores investigações sobre a autoecologia das espécies estudadas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, C. S. , GRAÇA, P. M. L. A., BRITO, M. M. P.B., JUNIOR, C. H. A., CAMPOS, D.C. Comparação entre a concentração de nutrientes das folhas e do folheto do Jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra*) e da Cabreúva (*Myroxylon peruiferum*). In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE SOLO. 1996, Águas de Lindóia. **Resumos Expandidos...** ESALQ/USP, 1996. CD-ROOM.

ANGULO, R. J. **Geologia da Planície Costeira do Estado do Paraná**. São Paulo, 1992, 334 f. Dissertação (Doutorado), Universidade de São Paulo.

ARCOVA, F.C.S. & CICCIO, V. Fluxo de nutrientes através da precipitação, precipitação interna e escoamento pelo tronco em floresta natural secundária no Parque Estadual da Serra do mar – Núcleo Cunha /SP. **Boletim Técnico do Instituto Florestal**, São Paulo, 1987, 41(1), p:37-58.

BIGARELLA, J.J. **A serra do mar e a porção oriental do Estado do Paraná**. Secretaria de Estado e Planejamento do estado do Paraná, Curitiba, 1978, 248p.

BOEGER, M. R. T. **Morfologia foliar e aspectos nutricionais de espécies arbóreas em três estádios sucessionais, de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, Paranaguá, PR**. Curitiba, 2000, 150 f. Tese (Doutorado), Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná.

BLUM, W.E.H. Ecosystems florestais, ciclo dos bioelementos. **Floresta**. Curitiba, 1978, v.9, n.1, p:39-50.

BRAY, J. R. & GORHAM, E. Litter production in forests of the world. **Advances in Ecological Research**. 1964, v. 2, p:101-57.

BRITEZ, R. M. **Ciclagem de nutrientes minerais em duas florestas da planície litorânea da Ilha do Mel, Paranaguá, PR**. Curitiba, 240 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) ,Universidade Federal do Paraná, 1994.

CALDEIRA, M.V.W.; SCHUMACHER. M. V.; PEREIRA, J.C.; DELLA-FLORA. J. B.; SANTOS, E. M. Concentração e redistribuição de nutrientes nas folhas e no folheto em um povoamento de *Acacia mearnsii* De Wild, no Rio Grande do Sul, **Ciência Florestal**, Santa Maria, 1999, v. 9 n.1, p:19-24.

CARPANEZZI, A. A. **Deposição de material orgânico e nutrientes em uma floresta natural e uma plantação de eucaliptos no interior do estado de São Paulo**. Piracicaba, 1980, 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) ,Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

DANTAS, S. V. Precipitação e ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. **Floresta e Ambiente**, Anol, 1994.

DELITTI, W.B.C. Ciclagem de nutrientes minerais em matas ciliares, In : BARBOSA, L. M. (coord) **Simpósio sobre mata ciliar**, Fundação Cargil, São Paulo, 1989, p:88-98.

DELITTI, W.B.C. Estudos de ciclagem de nutrientes para a análise funcional de ecossistemas terrestres. In SIMPÓSIO SOBRE ESTRUTURA, FUNCIONAMENTO E MANEJO DE ECOSSISTEMAS (1992: Rio de Janeiro), **Anais...** UFRJ, Departamento de Ecologia, 1993.

DICKOW, K. M. C. **Influência estacional e sucessional na lixiviação de nutrientes de serapilheira de Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas**. Curitiba, 2000, 50 f. Monografia apresentada ao Programa especial de Treinamento do Curso de engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná.

EATON J, S.; LIKENS G. E. Y BORMAANN F, H. Throughfall and stemflow chemistry in a northern hardwood forest. **Journal of Ecology**, 1973, 61, p: 495-508.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA/CNPS, 1999, 412 p.

GABRIEL, J. L. C. **Florística, Fitossociologia de espécies lenhosas e aspectos de ciclagem de nutrientes em Floresta Mesófila Semidecídua nos municípios de Anhembi e Bofete/SP**. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas), Rio Claro, 1996, 217f. Instituto de Biogeociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista.

GALVÃO, F.; KUNIOSHI, Y.S.; VICENTINI, A.; PORTES, M.C.G.O. Avaliação da deposição de serapilheira em diferentes fases serais de Floresta Ombrófila Mista. V **Congresso e Exposição Internacional sobre Floresta**. Curitiba, 1999. Bio1068, CD ROOM

GAMA-RODRIGUES, A. C., BARROS, N. F. & MENDONÇA, E. S. Alterações edáficas sob plantios puro e misto de espécies florestais nativas do Sudeste da Bahia, Brasil. Seção IV – Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa/MG, 1999, 23, n. 3, p:581-592.

GOLLEY, F.B.; MCGINNIS, J. T.; CLEMENTS, R. G.; CHILD, G. I. & DUEVER, M. J. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida**, São Paulo: E. P. U. EDUSP, 1978, 256p.

HANSEN, K. **Troughfall and canopy interactions in spruce forest**. Forkingsserien Danish forest and Landscape Research Institute, Lyngby, Denmark, 1984 n. 8, 145p.

HAAG, P. H. **Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais**. Fundação Cargil, Campinas, 1985, 144p.

HAY, J. D.; LACERDA, L. D. Ciclagem de nutrientes no ecossistema de restinga. In: LACERDA, L. D. *et al.* (orgs) **Restingas: Origem, Estrutura e Processos**. Niterói, CEUFF, p: 459-475, 1984.

IAPAR – INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná.** Londrina, 1978, 41p.

IBGE – FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira.** Rio de Janeiro, 1992, 92p.

JACKSON, J. F. Seasonality of flowering and leaf-fall in a Brazilian subtropical lower montane moist forest. **Biotropica**, 1978,10(1):38-42.

JORDAN, C. F. **Nutrient cycling in tropical forest ecosystems.** New York, John Wile, 1985, 190p.

LEITE, P. F.; KLEIN, R. M. **Vegetação.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística do Brasil: Região Sul. Rio de Janeiro, 1990, p: 141-142.

LIMA, W. P. Entrada de nutrientes pela chuva e pela lixiviação das copas em florestas homogêneas de pinheiros tropicais e em vegetação natural de cerrado. **Acta Limnológica Brasileira**, 1986, v. I, p: 503-525.

MAACK, R. **Geografia Física do estado do Paraná**, 2ª ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 1981, 450p.

MAGALHÃES, L.M.S. & BLUM,W.E.H. Concentração e Distribuição de nutrientes nas folhas de espécies florestais, na amazônia Ocidental. **Floresta e Ambiente**, 1999, v.6, n.1, p:127-137.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**, São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1980, p: 91-93.

MARQUES, R.; RANGER, J. **Dynamique du fonctionnement minéral d'une plantation de Douglas fir (*Pseudotsuga menziessi* (Mirb) Franco) dans les Monts du Beaujolais (France).** Nancy, ENGREF-INRA. Thèse de Doctorat, 1995, 240 p.

MARQUES, R. GERUM, M., WISNIEWSKI, C. Lixiviación de nutrientes de Horajasca de "Mata Atlantica" del litoral sul del Brasil. **Anais... I Congresso Latinoamericano – IUFRO: El Manejo sustentable de los recursos florestales, desafio del siglo XXI.** Valdivia, Chile, 1998, CD ROOM.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** Academic Press Limited, London, 1986, p:112-114.

MELLO, R.S.P. **Produção de Serapilheira e aspectos da ciclagem de nutrientes em dois tipos de florestais adjacentes no Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, 1995.136 f. Dissertação de mestrado em ecologia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MENGEL, K.; KIRIKBY, E. A. **Principles of plant nutrition.** Berna: International Postash Institute, 1987, 687p.

MOLCHANOV, A. A. **Hidrologia Florestal**. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa, 1971, 419 p.

MORAES, R. M. **Ciclagem de nutrientes minerais em mata atlântica de encosta e mata sobre restinga, na Ilha do Cardoso, Cananéia, SP : produção de serapilheira e transferência de nutrientes**. 1993, 151 f. Dissertação (Mestrado em ecologia Geral) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.

MOREIRA- BURGER, D. & DELITTI, W. B. C. Concentração e estoque de nutrientes na fitomassa epígea de mata ciliar do Rio Mogi-Guaçu. **IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros..** Itapira/SP, ACIESP , 1998 ,n. 104, v.2 p: 78 - 90.

NORMAN, R. J. & STUCKI. J. W. The Determination of Nitrate and Nitrite in Soil Extracts by ultraviolet Spectrophotometry. **Soil Sci. Soc. Am. J.** v. 45, 1981.

O'CONNELL, A. M.; SANKARAN, K. V. Organic matter accretion, decomposition and mineralisation, In: NAMBIAR, E. K. S. ; BROWN. A. G. **Management of soil, nutrients and water in tropical forests**. ACIAR, Monograph, 1997, n 43, 571 p.

ODUM E, P. **Ecologia**. Rio de Janeiro. Editora Guanabara, 1988, 434 p.

PAGANO, S. N. **Estudo florístico, fitossociológico e de ciclagem de nutrientes em mata mesófila semidecídua, no município de Rio Claro,SP**. Rio Claro, 1985, 201 f. Dissertação (Livre docência em Botânica) – Instituto de Biociências de Rio Claro, Universidade Estadual de São Carlos.

POGGIANI, F. Alterações dos ciclos biogeoquímicos em florestas em florestas, In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSENCIAS NATIVAS, 2, São Paulo. **Revista do Instituto florestal**. São Paulo. 1992, 4:734-739.

PORTES, M.C.G.O. **Deposição de serapilheira e decomposição foliar em Floresta Ombrófila Densa Altomontana, Morro do Anhagava, Serra da Baitaca, Quatro Barras/PR**. Curitiba, 2000, 90f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal do Paraná.

RAMOS, M C. L.; PELLENS, R. Produção de Seraspilheira em Ecossistema de restinga em .Maricá – Rio de Janeiro. **III SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS DA COSTA BRASILEIRA. Anais...** São Paulo, ACIESP. n.87, v. 3, 1993,98p.

RANGER. J.; MARQUES, R.; COLIN-BELGRAND, M. Nutrient dynamics the development of a Douglas-fir (*Pseudotsuga menziessi* Mirb,) stand. **Acta Ecologica**, 1997, 18 (2), 73-90.

REBELO, C. F.; MORAES R. M.; VARJABEDIAN, R.; DE VUONO, Y. S.; DELITTI, W. B. C. Dados preliminares sobre a ciclagem de nutrientes na mata da restinga do Parque Estadual da Ilha do Cardoso, S. P. In: **SIMPÓSIO SOBRE ESTRUTURA, FUNCIONAMENTO E MANEJO DE ECOSSISTEMAS. Resumos...** Rio de Janeiro, 1992, 98p.

REISSMANN, C. B.; WISNIEWSKI, C. Micronutrientes e Al depositados com a serapilheira de *Araucaria angustifolia* em função do sítio. I CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, VII CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO. **Anais...** Curitiba, 1993, p: 449 – 451.

REISSMANN, C. B.; RODERJAN, C. V.; KUNIYOSHI, Y. S. Análise química do húmus em povoamento de *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze. **Silvicultura em São Paulo**. 1982, 16 A (1): 575-578.

SANTOS, A.; RIBEIRO, M. N. G.; RIBEIRO, J. S. B.; BRINGEL, S. R. Hidroquímica da Amazônia Central III : química da água de lavagem na floresta no ecossistema Campina Amazônica (Stemflow). **Acta Amazonica**, 11(2): 335 – 346, 1981.

SPURR, S. H. & BARNES. V. B. **Ecologia Florestal**. México: A.G.T. Editor S.A.1982.

SWITZER, G. L. & NELSON, L. E. Nutrient accumulation and cycling in Loblolly Pine (*Pinus taeda*) plantation ecosystems, The first 20 years. **Soil Science Society of America Proceedings**. Madison, 1972, 36: 143 – 147.

SILVA, A. O.; MORAES, J. A. P. V. Composição mineral e perda de nutrientes através da lavagem foliar em algumas espécies do cerrado. **Acta Limnológica Brasileira**, 1986, vol. 1, p: 451 – 478.

SINGH, J. S. & GUPTA, S. R. Plant decomposition and soil respiration om terrestrial ecosystems. **Botanical Review**. New York, 1977, v. 43, n. 4, p: 449-528.

SUGUIO, K.; MARTIN, L. Geomorfologia das restingas, In: II SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA: SÍNTESE DOS CONHECIMENTOS (1990 : águas de Lindóia), **Anais...** São Paulo, 1990, ACIESP, n,71-III, p:185-206.

TUKEY JR, H. B. Leaching of nutrients from plant foliage byrain and mist. From. **Am. Rose Annual**. 1964 : 102 - 111.

VITOUSEK, P. M. Litterfall, nutrient cycling and nutrient limitation in tropical forests. **Ecology**. Durhan, 1984,v. 65, n. 1, p : 285 – 298.

VITOUSEK, P. M.; SANFOURD JR., R. L. Nutrient cycling in moist tropical forest. **Annual Review of Ecology and Systematics**. 1986, v. 17, p:137 – 167.

WATANARR, E. S.; OLSEN, S.R. Test of na ascorbic Acid Method for determining Phosphorus in water na NaHCO₃, Extracts from soil. **Soil Science society**, 1965.

WISNIEWSKI , C. **Variação estacional da deposição de serapilheira e de nutrientes em povoamentos de *Pinus taeda* na região de Ponta Grossa – PR**. Curitiba, 1989, 148 f. dissertação (Doutorado em Ciências florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

WISNIEWSKI, C. (coord.) Caracterização do ecossistema e estudo das relações solo - cobertura vegetal em planície pleistocênica do litoral paranaense. Projeto Integrado – CNPq, Curitiba, 1997, 55p.

7 APÊNDICES

APÊNDICE 01 – PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA DAS ESPÉCIES DAS TRÊS FASES SUCESSIONAIS AO LONGO DAS ESTAÇÕES

FASES	ANO 1				ANO 2			
	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão
	Kg/ha							
INICIAL								
<i>Ilex theezans</i>	274,39	304,00	1265,45	1566,35	522,99	757,13	1520,58	1030,13
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	39,58	48,68	192,45	54,39	47,32	69,00	199,48	71,10
<i>Pera glabrata</i>	19,35	22,52	64,48	56,26	36,03	33,81	39,68	21,22
INTERMEDIÁRIA								
<i>Ilex theezans</i>	161,55	261,61	1034,68	732,29	382,16	426,77	1015,84	708,00
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	43,77	63,97	245,58	106,03	79,55	80,00	145,35	48,67
<i>Ocotea pulchella</i>	14,71	36,74	74,35	251,97	41,97	44,03	94,55	147,32
<i>Clusia crinva</i>	49,48	45,84	118,84	112,71	123,65	94,74	66,26	64,29
<i>Rapanea venosa</i>	93,23	97,35	146,03	109,74	183,65	75,32	146,90	100,16
<i>Gomidesia fenzliana</i>	35,10	39,39	93,06	132,97	61,26	53,45	133,13	116,10
AVANÇADA								
<i>Ocotea pulchella</i>	24,26	44,39	122,71	163,74	47,09	67,90	106,61	148,65
<i>Ocotea aciphylla</i>	56,32	78,77	316,94	304,65	147,71	72,39	296,81	150,12
<i>Tapirira guianensis</i>	61,68	122,10	740,06	143,48	65,93	278,97	267,71	292,45
<i>Myrcia racemosa</i>	12,19	11,00	80,52	51,87	25,55	29,52	61,29	31,71

APÊNDICE 02 – PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA DAS DIFERENTES FRAÇÕES DAS TRÊS FASES SUCESSIONAIS AO LONGO DAS ESTAÇÕES

FASES	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão
	Kg/ha							
INICIAL								
Miscelan, de folhas	57,87	37,00	68,06	188,71	76,52	89,71	103,58	152,03
Ramos/flores/frutos	54,84	30,90	117,10	198,74	283,70	69,97	79,87	196,74
Outros	22,23	15,10	121,74	99,65	96,65	24,00	115,52	38,94
INTERMEDIÁRIA								
Miscelan, de folhas	111,74	116,74	223,90	777,61	171,78	200,80	378,41	645,70
Ramos/flores/frutos	139,45	122,65	318,68	618,84	521,03	421,06	161,39	486,64
Outros	79,00	65,03	214,84	248,81	189,68	94,10	219,13	174,04
AVANÇADA								
Miscelan, de folhas	173,35	295,29	627,35	844,45	312,84	402,97	682,45	648,64
Ramos/flores/frutos	88,26	98,10	309,23	486,65	336,81	169,06	365,52	520,58
Outros	125,29	171,35	257,81	225,58	184,65	177,48	510,97	156,29

APÊNDICE 03 - TEORES DE N EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES E DAS FASES SUCESSIONAIS

	Outo./Inve.	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão
FASES	g/kg						
INICIAL							
<i>Ilex theezans</i>	6,58	5,68	5,05	2,19	8,01	6,80	5,24
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	5,49	5,27	5,70	8,78	3,07	5,27	5,49
<i>Pera glabrata</i>	18,00	21,08	19,87	19,76	20,20	22,40	21,30
INTERMEDIÁRIA							
<i>Ilex theezans</i>	11,52	9,22	8,12	14,71	11,41	9,66	6,36
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	7,24	6,58	6,58	7,44	7,24	8,12	8,56
<i>Ocotea pulchella</i>	9,88	9,22	7,13	10,98	8,89	9,66	12,51
<i>Clusia criuva</i>	6,25	4,61	10,98	7,13	6,14	6,58	6,12
<i>Rapanea venosa</i>	7,02	8,78	10,32	7,90	9,00	6,80	7,02
<i>Gomidesia fenzliana</i>	5,38	6,12	7,46	8,67	9,77	7,46	6,24
AVANÇADA							
<i>Ocotea pulchella</i>	9,66	8,56	7,24	14,82	12,07	8,56	10,40
<i>Ocotea aciphylla</i>	12,73	9,22	10,54	11,85	13,39	11,96	11,40
<i>Tapirira guianensis</i>	11,85	9,22	11,39	13,61	11,63	6,91	11,39
<i>Myrcia racemosa</i>	11,41	10,21	14,71	12,07	13,17	12,49	13,47

APÊNDICE 04 - TEORES DE P EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES E DAS FASES SUCESSIONAIS

	Outo./Inve.	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão
FASES	g/kg						
INICIAL							
<i>Ilex theezans</i>	0,61	0,25	0,31	0,36	0,28	0,28	0,17
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	0,38	0,29	0,39	0,50	0,33	0,29	0,18
<i>Pera glabrata</i>	1,45	1,65	1,20	1,65	1,77	1,18	1,17
INTERMEDIÁRIA							
<i>Ilex theezans</i>	0,39	0,36	0,35	0,49	0,42	0,16	0,28
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	0,22	0,31	0,29	0,36	0,29	0,06	0,18
<i>Ocotea pulchella</i>	0,38	0,44	0,45	0,55	0,45	0,25	0,28
<i>Clusia criuva</i>	0,29	0,28	0,56	0,30	0,31	0,12	0,16
<i>Rapanea venosa</i>	0,21	0,23	0,35	0,27	0,29	0,10	0,12
<i>Gomidesia fenzliana</i>	0,42	0,32	0,33	0,37	0,29	0,09	0,16
AVANÇADA							
<i>Ocotea pulchella</i>	0,49	0,48	0,40	0,65	0,55	0,18	0,28
<i>Ocotea aciphylla</i>	0,44	0,33	0,31	0,32	0,44	0,18	0,21
<i>Tapirira guianensis</i>	0,40	0,35	0,40	0,61	0,31	0,20	0,22
<i>Myrcia racemosa</i>	0,54	0,56	0,58	0,50	0,47	0,39	0,41

APÊNDICE 05 - TEORES DE K EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES E DAS FASES SUCESSIONAIS

	Outo./Inve.	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão
FASES	g/kg						
INICIAL							
<i>Ilex theezans</i>	0,86	1,10	0,82	1,05	1,15	0,99	0,95
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	1,37	0,76	1,34	2,04	0,95	0,83	1,18
<i>Pera glabrata</i>	2,58	2,39	1,57	2,87	2,56	1,96	1,77
INTERMEDIÁRIA							
<i>Ilex theezans</i>	2,01	1,73	1,28	2,85	2,24	1,47	2,05
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	1,39	1,69	1,81	2,20	2,04	1,37	1,93
<i>Ocotea pulchella</i>	1,00	1,18	1,16	1,47	1,21	0,86	1,46
<i>Clusia criuva</i>	1,73	1,62	1,71	1,80	1,70	1,85	2,25
<i>Rapanea venosa</i>	1,19	1,14	1,46	1,36	1,41	1,28	1,59
<i>Gomidesia fenzliana</i>	2,14	1,58	1,35	1,52	1,43	1,08	1,30
AVANÇADA							
<i>Ocotea pulchella</i>	1,22	1,30	1,07	1,51	1,65	0,74	1,51
<i>Ocotea aciphylla</i>	2,18	1,32	1,62	1,52	2,20	1,57	2,00
<i>Tapirira guianensis</i>	2,13	1,94	1,49	2,31	1,78	1,92	2,21
<i>Myrcia racemosa</i>	2,66	1,93	1,64	2,21	2,48	2,16	1,97

APÊNDICE 06 - TEORES DE Ca EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES E DAS FASES SUCESSIONAIS

	Outo./Inve.	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão
FASES	g/kg						
INICIAL							
<i>Ilex theezans</i>	9,80	9,70	14,00	12,87	12,96	10,36	12,79
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	9,00	11,99	10,77	10,19	10,16	10,39	10,37
<i>Pera glabrata</i>	18,08	22,95	25,00	18,88	17,96	18,36	17,33
INTERMEDIÁRIA							
<i>Ilex theezans</i>	6,50	7,38	9,29	7,19	7,98	7,19	7,79
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	7,58	8,47	7,98	7,98	8,40	7,39	7,98
<i>Ocotea pulchella</i>	4,80	5,49	6,99	5,58	6,29	5,49	5,49
<i>Clusia criuva</i>	12,80	13,17	14,17	13,94	13,77	12,96	13,27
<i>Rapanea venosa</i>	9,49	9,17	11,78	9,89	8,00	9,48	10,25
<i>Gomidesia fenzliana</i>	6,00	5,90	6,49	6,80	8,09	6,40	5,98
AVANÇADA							
<i>Ocotea pulchella</i>	6,38	6,97	6,78	6,69	5,90	6,99	7,40
<i>Ocotea aciphylla</i>	6,78	7,68	7,28	7,97	6,49	8,38	7,95
<i>Tapirira guianensis</i>	13,76	13,57	13,03	11,50	11,19	10,99	13,70
<i>Myrcia racemosa</i>	15,38	16,35	16,80	17,80	16,48	17,00	18,41

APÊNDICE 07- TEORES DE Mg EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES E DAS FASES SUCESSIONAIS

FASES	Outo./Inve.	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão
g/kg							
INICIAL							
<i>Ilex theezans</i>	5,50	4,90	5,70	5,29	5,28	5,28	5,69
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	3,50	3,70	3,49	3,40	3,49	3,60	3,39
<i>Pera glabrata</i>	7,39	10,08	6,80	7,39	7,19	6,19	5,38
INTERMEDIÁRIA							
<i>Ilex theezans</i>	3,70	3,79	4,50	3,20	3,69	3,49	3,80
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	4,49	4,69	3,79	3,99	4,30	3,80	3,79
<i>Ocotea pulchella</i>	1,70	1,70	1,80	1,79	1,90	1,80	1,80
<i>Clusia criuva</i>	3,30	3,19	3,29	3,29	3,59	3,19	3,19
<i>Rapanea venosa</i>	2,60	2,49	2,69	2,30	2,30	2,30	2,59
<i>Gomidesia fenzliana</i>	2,50	2,50	2,50	2,50	2,40	2,50	2,49
AVANÇADA							
<i>Ocotea pulchella</i>	1,69	1,79	1,89	1,70	1,80	1,80	2,00
<i>Ocotea aciphylla</i>	2,09	2,20	1,89	2,09	2,10	2,10	1,89
<i>Tapirira guianensis</i>	2,39	2,40	2,29	2,40	2,10	2,10	2,59
<i>Myrcia racemosa</i>	3,10	3,69	2,60	2,70	3,10	3,00	2,59

APÊNDICE 08 - TEORES DE Na EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES E DAS FASES SUCESSIONAIS

FASES	Outo./Inve.	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão
g/kg							
INICIAL							
<i>Ilex theezans</i>	0,16	0,21	0,13	0,14	0,18	0,17	0,14
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	0,12	0,10	0,12	0,14	0,13	0,10	0,11
<i>Pera glabrata</i>	0,24	0,23	0,15	0,26	0,25	0,20	0,16
INTERMEDIÁRIA							
<i>Ilex theezans</i>	0,22	0,22	0,15	0,14	0,22	0,18	0,16
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	0,13	0,15	0,12	0,14	0,22	0,14	0,13
<i>Ocotea pulchella</i>	0,09	0,10	0,05	0,08	0,09	0,08	0,08
<i>Clusia criuva</i>	0,12	0,12	0,11	0,10	0,11	0,10	0,11
<i>Rapanea venosa</i>	0,13	0,15	0,11	0,11	0,14	0,13	0,12
<i>Gomidesia fenzliana</i>	0,13	0,13	0,08	0,09	0,15	0,10	0,07
AVANÇADA							
<i>Ocotea pulchella</i>	0,07	0,06	0,04	0,06	0,08	0,05	0,04
<i>Ocotea aciphylla</i>	0,06	0,06	0,03	0,05	0,05	0,04	0,04
<i>Tapirira guianensis</i>	0,04	0,05	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04
<i>Myrcia racemosa</i>	0,05	0,06	0,03	0,04	0,05	0,04	0,05

APÊNDICE 09 - TEORES DE Zn EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES E DAS FASES SUCESSIONAIS

FASES	Outo./Inve.	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão
mg/kg							
INICIAL							
<i>Ilex theezans</i>	38	27	33	29	25	22	30
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	9	9	9	12	8	7	8
<i>Pera glabrata</i>	33	44	48	43	35	35	37
INTERMEDIÁRIA							
<i>Ilex theezans</i>	17	18	24	19	16	19	20
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	10	12	10	12	9	8	9
<i>Ocotea pulchella</i>	14	17	11	18	16	15	10
<i>Clusia criuva</i>	28	30	31	31	28	25	24
<i>Rapanea venosa</i>	12	13	14	14	10	11	10
<i>Gomidesia fenzliana</i>	11	10	14	14	10	11	10
AVANÇADA							
<i>Ocotea pulchella</i>	15	11	16	20	14	12	10
<i>Ocotea aciphylla</i>	17	20	20	23	19	20	18
<i>Tapirira guianensis</i>	16	16	18	17	14	15	14
<i>Myrcia racemosa</i>	12	18	18	18	15	16	13

APÊNDICE 10 - TEORES DE Cu EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES E DAS FASES SUCESSIONAIS

FASES	Outo./Inve.	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão
mg/kg							
INICIAL							
<i>Ilex theezans</i>	6	6	6	6	5	6	4
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	4	5	6	7	4	5	3
<i>Pera glabrata</i>	23	25	27	17	24	22	19
INTERMEDIÁRIA							
<i>Ilex theezans</i>	9	9	9	8	7	8	7
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	8	5	8	8	7	5	5
<i>Ocotea pulchella</i>	8	4	7	8	6	6	4
<i>Clusia criuva</i>	10	7	8	8	7	5	3
<i>Rapanea venosa</i>	11	7	7	9	7	4	6
<i>Gomidesia fenzliana</i>	15	12	15	13	8	14	15
AVANÇADA							
<i>Ocotea pulchella</i>	9	5	7	8	4	5	3
<i>Ocotea aciphylla</i>	9	5	8	7	5	4	4
<i>Tapirira guianensis</i>	8	6	7	7	6	3	3
<i>Myrcia racemosa</i>	7	7	8	5	7	4	4

APÊNDICE 11 - TEORES DE Mn EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES E DAS FASES SUCESSIONAIS

	Outo./Inve.	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão
FASES	mg/kg						
INICIAL							
<i>Ilex theezans</i>	2335	2125	4020	3912	2278	2211	2313
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	30	35	67	28	25	33	55
<i>Pera glabrata</i>	385	472	485	470	419	475	364
INTERMEDIÁRIA							
<i>Ilex theezans</i>	331	404	708	295	344	371	399
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	40	38	39	15	30	32	56
<i>Ocotea pulchella</i>	135	169	188	105	188	151	141
<i>Clusia criuva</i>	2085	2121	2066	2067	2086	2014	2051
<i>Rapanea venosa</i>	141	152	156	100	117	135	146
<i>Gomidesia fenzliana</i>	172	154	203	145	119	150	159
AVANÇADA							
<i>Ocotea pulchella</i>	167	202	196	100	175	195	210
<i>Ocotea aciphylla</i>	243	254	235	148	205	259	278
<i>Tapirira guianensis</i>	76	81	82	78	75	73	119
<i>Myrcia racemosa</i>	514	489	411	233	404	304	295

APÊNDICE 12 - TEORES DE Fe EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES E DAS FASES SUCESSIONAIS

	Outo./Inve.	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão
FASES	mg/kg						
INICIAL							
<i>Ilex theezans</i>	35	82	98	73	100	71	83
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	74	82	95	60	90	70	98
<i>Pera glabrata</i>	86	185	172	122	173	130	129
INTERMEDIÁRIA							
<i>Ilex theezans</i>	57	89	86	74	73	113	76
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	52	50	79	62	92	77	90
<i>Ocotea pulchella</i>	64	83	73	95	126	109	83
<i>Clusia criuva</i>	63	64	96	57	99	88	63
<i>Rapanea venosa</i>	80	67	123	69	102	71	100
<i>Gomidesia fenzliana</i>	80	89	132	85	108	84	101
AVANÇADA							
<i>Ocotea pulchella</i>	70	76	91	94	74	81	95
<i>Ocotea aciphylla</i>	68	91	80	86	62	72	102
<i>Tapirira guianensis</i>	81	119	100	63	72	66	90
<i>Myrcia racemosa</i>	81	151	133	83	104	97	132

APÊNDICE 13 - TEORES DE AI EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES E DAS FASES SUCESSIONAIS

	Outo./Inve.	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão
FASES	mg/kg						
INICIAL							
<i>Ilex theezans</i>	310	430	540	419	508	458	519
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	1400	2278	1545	829	1574	1698	1665
<i>Pera glabrata</i>	130	329	330	140	230	259	219
INTERMEDIÁRIA							
<i>Ilex theezans</i>	240	399	470	280	299	409	370
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	1117	1685	1198	1157	1340	1259	1437
<i>Ocotea pulchella</i>	320	479	420	379	509	539	499
<i>Clusia criuva</i>	80	80	140	40	70	100	70
<i>Rapanea venosa</i>	80	100	160	70	110	100	139
<i>Gomidesia fenzliana</i>	70	150	190	100	110	140	150
AVANÇADA							
<i>Ocotea pulchella</i>	269	408	379	340	310	289	380
<i>Ocotea aciphylla</i>	60	140	70	70	70	100	119
<i>Tapirira guianensis</i>	70	150	100	40	110	80	110
<i>Myrcia racemosa</i>	100	189	180	70	160	160	179

8 ANEXOS

ANEXO 01 – PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA MÉDIA DURANTE O PERÍODO DE MARÇO DE 1998 A MARÇO DE 2000.

Ano	Mês	Temperatura ° C	Precipitação mm
1998	Março	22,3	373,6
1998	Abril	22,5	107,2
1998	Maio	20,0	37,4
1998	Junho	17,1	71,6
1998	Julho	17,1	96,8
1998	Agosto	18,3	166,3
1998	Setembro	18,0	298,2
1998	Outubo	19,5	212,6
1998	Novembro	20,7	88,5
1998	Dezembro	23,2	156,4
1999	Janeiro	24,1	338,2
1999	Fevereiro	24,6	377,3
1999	Março	25,5	682,4
1999	Abril	21,8	501,3
1999	Maio	19,7	89,4
1999	Junho	17,2	218,9
1999	Julho	16,9	449,5
1999	Agosto	17,1	62,0
1999	Setembro	19,0	282,9
1999	Outubo	19,5	311,9
1999	Novembro	21,3	88,4
1999	Dezembro	23,5	480,6
2000	Janeiro	24,7	495,3
2000	Fevereiro	24,7	498,6
2000	Março	23,8	267,7